



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO  
ROBÓTICO INDUSTRIAL MEDIANTE CONTROL POR  
COMPUTADORA, INALÁMBRICO Y JOYSTICK PARA  
EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”**

**BARAHONA CHÁVEZ DIEGO ARMANDO  
MÉNDEZ MORENO LUIS ALFONSO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-12-09

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**DIEGO ARMANDO BARAHONA CHÁVEZ**

---

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL  
MEDIANTE CONTROL POR COMPUTADORA, INALÁMBRICO Y  
JOYSTICK PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-12-09

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**LUIS ALFONSO MÉNDEZ MORENO**

---

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL  
MEDIANTE CONTROL POR COMPUTADORA, INALÁMBRICO Y  
JOYSTICK PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** DIEGO ARMANDO BARAHONA CHÁVEZ

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL MEDIANTE CONTROL POR COMPUTADORA, INALÁMBRICO Y JOYSTICK PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

**Fecha de Examinación:** 2015-01-27

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
Presidente del Tribunal

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LUIS ALFONSO MÉNDEZ MORENO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL MEDIANTE CONTROL POR COMPUTADORA, INALÁMBRICO Y JOYSTICK PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.”

**Fecha de Examinación:** 2015-01-27

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:**

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Diego Armando Barahona Chávez

---

Luis Alfonso Méndez Moreno

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de tesis se lo dedico a mis padres por el apoyo incondicional y permitirme cumplir con esta meta propuesta, por todos sus consejos, por guiarme en mi vida por el camino correcto y siempre haber confiado en mí.

A mis hermanos: Alex por sus palabras de aliento y comprensión en los momentos difíciles y a Jhonatan que fue mi inspiración demostrándome que no hay que darse por vencido sin antes haber luchado.

A mis abuelitos que han sido mis segundos padres por sus consejos, su apoyo incondicional y por estar pendientes durante el trayecto de mi vida estudiantil. A mis familiares que siempre me alentaron a seguir aun en los momentos más difíciles de mi vida.

**Diego Barahona**

La presente tesis se la dedico a mi madre Otilia Moreno, por el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, comprensión, consejos, apoyo incondicional y confianza en cada momento de mi vida y sobre todo en mis estudios universitarios. Mis palabras sé que no bastan para decirte cuanto te agradezco madre mía.

A mi esposa, quien me alentó para continuar cuando parecía que me iba a rendir, gracias a su apoyo y consejos todos mis anhelos y metas se vuelven realidad.

A mis abuelitos, tíos, hermanos y amigos que fueron las personas quienes me supieron apoyar en el transcurso de mis estudios y es gracias a ustedes que he logrado llegar hasta aquí y convertirme en la persona que soy.

A mi compañero de tesis, amigo y hermano que gracias a su apoyo incondicional hemos compartido bueno y malos momentos a lo largo de toda la carrera.

**Luis Méndez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por iluminar mi vida y permitirme culminar mi sueño y comenzar otro. Gracias a mi familia por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, a mis padres por la confianza depositada, a mis hermanos Alex por cada una de las experiencias vividas y Jhonatan quien me enseñó a luchar contra las adversidades.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial por los conocimientos impartidos y en especial al Ing. Jhonny Orozco y la Ing. Ruth Barrera por su apoyo incondicional.

A mi compañero de tesis Luis, por su sacrificio y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos durante el desarrollo de la tesis, y toda nuestra vida estudiantil.

A mis familiares, amigos y a todas las personas que contribuyeron para la finalización de la tesis. Un sincero GRACIAS.

**Diego Barahona**



## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde aquí, porque hiciste realidad este sueño tan anhelado.

Le doy gracias a mi madre Otilia Moreno por apoyarme en todo momento, por los valores que me ha inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de la vida. Sobre todo el excelente ejemplo de vida a seguir. A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. Gracias por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo necesitaba.

A Lorena, por haberme apoyado en las buenas y malas sobre todo por su paciencia y amor incondicional, por aguantarme y por siempre buscar la manera de tenerme de buenas. Por soportar mis ratos de histeria.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. En especial un agradecimiento al Ing. Jhonny Orozco Director y a la Ing. Ruth Barrera Asesor, que gracias a su colaboración se logró el desarrollo de esta tesis.

A Diego por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haber tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y sobre todo por hacer de su familia, una familia para mí.

**Luis Méndez**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	2
 <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	 <b>3</b>
2.1 Introducción a la robótica .....	3
2.2 Robótica .....	4
2.2.1 <i>Automatización y robótica.</i> .....	5
2.2.2 <i>Robótica industrial (tecnología, programación y aplicaciones).</i> .....	6
2.2.3 <i>Modelo estructural de un sistema automatizado.</i> .....	6
2.2.4 <i>Tipos de robots.</i> .....	7
2.2.5 <i>Robots industriales.</i> .....	8
2.3 Aplicaciones y características de un brazo robótico .....	9
2.3.1 <i>Aplicaciones de un brazo robótico.</i> .....	9
2.3.2 <i>Características de un brazo robótico</i> .....	18
2.4 Descripción de los grados de libertad de un brazo robótico. ....	21
2.5 Componentes de hardware y software. ....	22
2.5.1 <i>Componentes hardware.</i> .....	22
2.5.2 <i>Componentes software</i> .....	35
 <b>3. DISEÑO Y MONTAJE DEL BRAZO ROBÓTICO .....</b>	 <b>37</b>
3.1 Diseño del circuito de control .....	37
3.2 Elaboración del esquema del módulo .....	38
3.3 Diagrama de instalación .....	39
3.4 Montaje del brazo robótico .....	41
3.4.1 <i>Guía de ensamblaje de la base del brazo robótico.</i> .....	41
3.4.2 <i>Guía de ensamblaje del brazo robótico</i> .....	43
3.4.3 <i>Guía de ensamblaje del la muñeca giratoria.</i> .....	52
3.5 Comunicación entre el brazo robótico y el ordenador .....	55
3.5.1 <i>Comunicación del brazo robótico por computadora.</i> .....	55
3.5.2 <i>Comunicación del brazo robótico por control inalámbrico.</i> .....	56
3.5.3 <i>Comunicación del brazo robótico por joystick.</i> .....	57
3.6 Simulación de los grados de libertad. ....	58
3.7 Pruebas de funcionamiento del brazo robótico .....	64
3.7.1 <i>Evolución.</i> .....	64
3.7.2 <i>Pruebas realizadas.</i> .....	65
 <b>4. MANUAL DE OPERACIÓN Y GUÍA DE PRÁCTICAS DE LAB .....</b>	 <b>67</b>
4.1 Instalación de software y carga del programa .....	67
4.1.1 <i>Configuración de la tarjeta SSC-32.</i> .....	67

4.1.2	<i>Instalación de la placa ARDUINO MEGA 2560.</i> .....	78
4.2	Puesta en marcha. ....	80
4.3	Apagado del sistema. ....	80
4.4	Prácticas de aplicación. ....	81
<b>5.</b>	<b>COSTOS</b> .....	<b>90</b>
5.1	Costos directos. ....	90
5.2	Costos Indirectos.....	91
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>93</b>
6.1	Conclusiones. ....	93
6.2	Recomendaciones. ....	94

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Tipos de robots.....	7
2 Servomotores .....	23
3 Base: servomotor Hitec HS-485HB-Deluxe Heavy Duty Servo. ....	23
4 Hombro: servomotor Hitec HS-805BB- Escala Servo Mega Gigante .....	24
5 Codo: servomotor Hitec HS-755HB- Escala gigante Servo. ....	25
6 Codo: servomotor Hitec HS-485HB-Deluxe Heavy Duty Servo. ....	26
7 Rotación de la muñeca: servomotor Hitec HS-645MG-Deluxe Heavy Duty Servo. ....	27
8 Gripper: servomotor Hitec HS-422-Standard Deluxe Servo. ....	28
9 Entradas de alimentación para los servomotores .....	29
10 Entradas de alimentación para la electrónica del circuito.....	30
11 Entradas de alimentación para los canales de los servomotores.....	30
12 Colores de los cables de conexión .....	31
13 Ejemplos de entradas de baudios .....	31
14 Características de la tarjeta Arduino Mega 2560.....	32
15 Pruebas de ángulo de giro.....	66
16 Conexión de Pins y servomotores.....	68
17 Numeración de los controles deslizantes .....	72
18 Longitudes de la partes del brazo .....	76
20 Costos directos.....	90
21 Costos indirectos.....	92
22 Costo total.....	92

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Robótica, área multidisciplinaria .....	4
2 Relación de automatización fija, programable y flexible como una función del volumen de producción y la diversidad del producto. ....	6
3 Esquema funcional de un sistema automatizado .....	7
4 Brazo industrial.....	8
5 Brazos robóticos utilizados en la fundición. ....	10
6 Soldadura por puntos .....	11
7 Aplicación de materiales.....	12
8 Alimentación de máquinas.....	13
9 Procesado .....	14
10 Corte.....	15
11 Montaje .....	16
12 Paletización.....	16
13 Manipuladores en salas blancas .....	17
14 Grados de libertad.....	22
15 Tarjeta SSC-32.....	28
16 Tarjeta Arduino Mega 2560.....	33
17 Diagrama funcional de la Shield Sensor V5 .....	33
18 Joystick .....	34
19 Ventana de entrada de Lynxmotion .....	36
20 Logotipo de Arduino.....	36
21 Tarjeta SSC-32.....	37
22 Tarjeta Arduino Mega 2560.....	38
23 Diagrama de conexión servomotores - tarjetas.....	39
24 Diagrama de conexión servomotores - Shield sensor V5. ....	40
25 Diagrama de conexión servomotores - tarjeta SSC-32.....	40
26 Servomotor típico .....	41
27 Tornillos Phillips 3/8".....	41
28 Perno Phillips 1/4" .....	42
29 Tuerca 1/4".....	42
30 Ensamblaje del soporte del hombro.....	42

31	Paneles de amortiguación .....	43
32	Perno Phillips 1/2" .....	43
33	Tuerca 1/2" .....	44
34	Ensamblaje de guía del soporte lateral .....	44
35	Tuerca de seguridad 1/2" .....	44
36	Instalación de los amortiguadores mecánicos.....	45
37	Tornillo Phillips 3/8" .....	45
38	Cuerno del servomotor.....	45
39	Instalación del soporte lateral .....	46
40	Soporte lateral .....	46
41	Conector en L del eje .....	46
42	Perno hexagonal 1/4" .....	47
43	Ensamblaje del conector en L con el eje.....	47
44	Ensamblaje del eje con los soportes del codo y la muñeca .....	47
45	Ensamblaje del soporte del codo .....	48
46	Ensamblaje del soporte del codo .....	48
47	Ensamblaje del servomotor del codo .....	49
48	Conector de pinzas en C .....	49
49	Ensamblaje del soporte de pinza en C .....	50
50	Soporte en C.....	50
51	Servomotor típico estándar .....	50
52	Ensamblaje del servomotor de la muñeca.....	51
53	Instalación de los resortes de balanceo .....	51
54	Instalación de rodamientos .....	52
55	Ensamblaje del cojinete .....	52
56	Instalación del cojinete .....	53
57	Instalación del tren sobre el cojinete.....	53
58	Acople de trenes con servomotor.....	53
59	Placa de fijación.....	54
60	Perno hexagonal 3/8" .....	54
61	Tuerca nylon 3/8" .....	54
62	Acople del gripper .....	55
63	Comunicación del brazo robótico por computadora.....	56

64	Diagrama de conexión del control inalámbrico .....	57
65	Comunicación del brazo robótico por control inalámbrico. ....	57
66	Comunicación del brazo robótico por joystick. ....	58
67	Simulación del movimiento de la base. (Giro a la derecha) .....	58
68	Simulación del movimiento de la base. (Giro a la izquierda).....	59
69	Simulación del movimiento del hombro. (Hacia abajo) .....	59
70	Simulación del movimiento del hombro. (Hacia arriba) .....	60
71	Simulación del movimiento del codo. (Hacia arriba) .....	60
72	Simulación del movimiento del codo. (Hacia abajo).....	61
73	Simulación del movimiento de la muñeca. (Hacia arriba).....	61
74	Simulación del movimiento de la muñeca. (Hacia abajo) .....	62
75	Simulación del movimiento giro de la muñeca. (Hacia la derecha) .....	62
76	Simulación del movimiento giro de la muñeca. (Hacia la izquierda).....	63
77	Simulación del movimiento del gripper. (Cerrado) .....	63
78	Simulación del movimiento del gripper. (Abierto).....	64
79	Brazo robótico.....	65
80	Ventana de confirmación .....	67
81	Ventana de selección del puerto COM .....	68
82	Ícono de selección de velocidad de los servomotores .....	69
83	Ventana de test del conjunto de servomotores.....	70
84	Ícono del controlador de servomotores.....	70
85	Ventana de confirmación del controlador.....	70
86	Ventana de precaución del controlador .....	71
87	Ventana de controles deslizantes de servomotores.....	71
88	Ventana de configuración del brazo .....	75
89	Ventana de configuración de la compensación de la gravedad .....	77
90	Ventana de selección de la tarjeta Arduino .....	79
91	Esquema de conexión del servomotor .....	83

## LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Computer aided manufacturing. Fabricación asistida por ordenador
RIA	Asociación de Industrias de la Robótica
ISO	Organización Internacional de Estandares
IFR	Federación Internacional de Robótica
GLD	Grados de libertad
SSC-32	Controlador de servos de 32 canales
BEC	Batería Eliminator del Circuito
LDO	Regulador de tensión de baja caída
VS	Tensión de la fuente (voltage source)
VL	Tensión de salida de la fuente real
ICs	Sistema de control inteligente
E/S	Transmisión y/o recepción de información de/hacia el ordenador
TTL	Lógica transistor a transistor
PWM	Modulación por ancho de pulsos
UART	Transmisor Receptor Asincrónico Universal
ICSP	Programación Serial En Circuito
I/O	Input / Output; Entrada/salida
RS485	Sistema de interconexión para transmisión de datos a grandes distancias
GND	(Ground)= Tierra de un equipo electrónico
ASCII	Código Estándar Americano para el Intercambio de Información
FTDI	Future Technology Devices International/ Futuro dispositivo Internacional de Tecnología



## **LISTA DE ANEXOS**

- A    Circuito de la tarjeta SSC-32 (Ampliación)
- B    Circuito de la tarjeta Arduino Mega 2560 (Ampliación)
- C    Elaboración del esquema del módulo

## **RESUMEN**

El presente proyecto contiene el “Diseño e implementación de un brazo robótico industrial mediante control por computadora, inalámbrico y joystick para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH”. Para la realización de este proyecto se ha tomado como base de referencia el estudio de la estructura y los sistemas de control, funcionalidad y utilidad de un brazo robótico, con la finalidad de diseñar sistemas automatizados que permitan resolver el movimiento de objetos.

Para la elaboración del proyecto nos basamos en la investigación tecnológica que emplea el conocimiento científico para el desarrollo de nuevas tecnologías, para lo cual se utilizó: servomotores, tarjeta SSC-32, tarjeta Arduino Mega 2560, Shield sensor v5, joystick, control inalámbrico y software como: Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05 y Arduino.

Se desarrolló el diseño e implementación de un brazo robótico industrial, cuyo objetivo es mejorar la productividad, la reducción de costes de producción y mejorar la calidad de la misma, debido a que puede formar parte del sistema de fabricación con el fin de minimizar riesgos existentes en la producción.

Se recomienda aplicar el nivel de voltaje adecuado de 12V-3A, considerando que las dos tarjetas no estén energizadas, verificar el límite máximo de carga que pueden soportar cada uno de los servomotores.

## **ABSTRACT**

This Project contains the “Design and implementation of an industrial robotic arm through a computer control, wireless and joystick for the laboratory of the Industrial Engineering School at ESPOCH”. For the development of this project it has been taken as a baseline study the structure and control systems, functionality and usefulness of a robotic arm, with the aim of designing automated systems to resolve the motion objects.

For the elaboration of the project we relied on technological research that uses scientific knowledge to develop new technologies, this is the reason why these items were used: servomotors, SSC-32 card, Arduino Mega 2560, Shield sensor v5, joystick, wireless controller and software such as: Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05 and Arduino.

The design and implementation of an industrial robotic arm aims to improve productivity, reduce production costs and improve its quality, because it can be part of the manufacturing system to minimize risks in production.

It is recommended to apply the appropriate level of voltage 12V-3A, regarding that the two cards are not energized, check the maximum load that can support each servomotor.

# **CAPÍTULO I**

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La automatización industrial está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas. Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales. El uso de robots industriales junto con los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), es donde inicia la automatización de los procesos de fabricación. Estas tecnologías conducen a la automatización industrial.

Como se ha observado la automatización y la robótica son dos tecnologías estrechamente relacionadas. En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción. En consecuencia la robótica es una forma de automatización industrial.

Por lo tanto el Ingeniero Industrial tiene una sólida competencia técnica en el planteamiento y control de operaciones, diseño y mejora de procesos, formulación y evaluación de proyectos, gestión de operaciones logísticas, así como desarrollo de procesos de automatización industrial. La Escuela de Ingeniería Industrial tiene sus cimientos en cualquier sistema de producción, lo cual es un gran aporte para la formación de los profesionales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### **1.2 Justificación**

El presente proyecto tiene como finalidad la construcción e implementación de un brazo robótico industrial para la automatización de procesos, debido a que la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo no cuenta con laboratorios de simulación de procesos. El brazo robótico es una herramienta tecnológica que nos ayudará a profundizar y fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en nuestros estudios, y con los cambios tecnológicos que se generan en la actualidad es necesario elaborarlo con módulos de control mediante computadora, control inalámbrico y joystick. Lo cual será un complemento necesario para desarrollar aplicaciones y programaciones para la simulación de automatización de procesos.

### **1.3      Objetivos**

**1.3.1**      *Objetivo general.* Diseñar e implementar un brazo robótico industrial mediante control por: computadora, inalámbrico y joystick. Para el laboratorio de la escuela de ingeniería industrial de la ESPOCH.

**1.3.2**      *Objetivos específicos:*

Investigar y estudiar la estructura y los sistemas de control de un brazo robótico.

Diseñar un sistema de automatización que permita resolver el movimiento de objetos por medio del brazo robótico controlado por: computadora, inalámbrico y joystick.

Realizar la simulación del funcionamiento del brazo robótico industrial.

Explicar la funcionalidad y la utilidad de los brazos robóticos industriales por: computadora, control inalámbrico y joystick.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción a la robótica.**

Durante los últimos cincuenta años, la incursión de la robótica no solamente ha sido en la industria, centros de investigación, universidades y hospitales, sino que en la actualidad existen un sin número de fábricas totalmente automatizadas mediante robots manipuladores. Debido al mejoramiento tecnológico hoy se puede contar con robots que realicen tareas domésticas, ya que es un área joven en constante crecimiento. (REYES, 2011)

En sus inicios la robótica planteó su construcción para sustituir a las personas en tareas que demanden alto esfuerzo físico, y así contar con robots con aplicaciones útiles. Posteriormente hace la aparición el robot industrial, el mismo que formaría parte de una célula de trabajo, convirtiéndose en un ítem esencial para la automatización de la industria.

La robótica se ha convertido en una ciencia multidisciplinaria, debido a la evolución de la mejora continua de la tecnología. Con el progreso en la informática, mecánica, electrónica y otras ciencias, surgen robots inteligentes con mejoras en su funcionamiento y mayor grado de aplicabilidad con respecto a sus antecesores. Los avances de la ciencia permiten contar con robots mucho más sofisticados tecnológicamente con buenas perspectivas pero de igual forma aumenta la complejidad de los mismos.

En la actualidad la robótica es la ciencia que ha ganado espacio dentro de la industria y en un futuro sin duda formará parte de la sociedad como ahora lo hace la informática. La evolución de la tecnología y programación que puede tener un robot determinará su aplicabilidad, de la misma manera, facilitará las tareas diarias y será utilizada en actividades que pongan en riesgo la integridad del ser humano. En el aspecto productivo,

los robots mejoran el proceso productivo, no solo en tiempo, sino además en calidad. (BATZ, 2005)

## 2.2 Robótica

La robótica como ciencia o rama de la tecnología, se le considera un área multidisciplinaria. Básicamente, como ciencia está encaminada al estudio, análisis, diseño e implementación de robots. Los robots están diseñados para realizar tareas de precisión, velocidad, fuerza, y trabajar en lugares donde se requieran realizar labores riesgosas. (MORALES, 2014)

En general su objetivo comprende abrir nuevos campos en la investigación y desarrollo de tecnologías que ampliarán la gama de aplicaciones industriales de los robots. La naturaleza multidisciplinaria de la robótica relaciona diferentes tipos de áreas del conocimiento tales como: matemáticas, física, electromecánica, computación, visión e inteligencia artificial, entre otras (Figura 1). Si bien es cierto, la robótica se desarrolla en un área experimental todos sus objetivos y resultados están generados con estricto rigor científico. (REYES, 2011)

Figura 1. Robótica, área multidisciplinaria



Fuente: Robótica. Control de robots manipuladores.

La robótica es sinónimo de progreso y desarrollo tecnológico, los avances y adelantos de la misma están encaminados a obtener altos niveles de competitividad y productividad en las empresas. La robótica es parte clave y estratégica para el desarrollo de todo país en la

actualidad, ya que proporciona bienestar a la sociedad, siendo clave en la modernización tecnológica y la economía mundial. Las investigaciones en la robótica nos han permitido obtener mayor beneficio sobre la aplicación de la tecnología en la industria. (REYES, 2011)

**2.2.1 Automatización y robótica.** La automatización y la robótica se han considerado una combinación de tecnologías que están relacionadas y que tienen constante innovación. La automatización como tecnología comprende la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos basándose en computadoras para la operación y control de la producción. La robótica es más una forma de automatización industrial. (GROOVER, 1989)

En la automatización industrial existen tres grupos:

- Automatización fija.
- Automatización programable.
- Automatización flexible. (GROOVER, 1989)

La automatización fija está considerada como una de las automatizaciones con mayor costo, debido al equipo especializado que se emplea en la producción; la automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción y de rendimiento es demasiado alto, la misma se la debe realizar con el fin de justificar la inversión de la producción, del producto o un componente de éste. (GROOVER, 1989)

La automatización programable se aplica cuando el volumen de producción es relativamente bajo y existe una gran variedad de producción, el equipo de producción que se utiliza está diseñado para tener diversas adaptaciones o variaciones para la configuración del producto. La característica principal de la automatización programable es tener el control por medio de programas o software. (GROOVER, 1989)

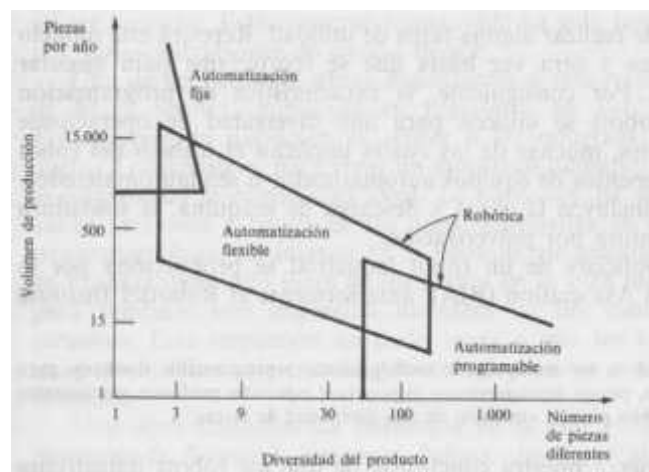
La automatización flexible se recomienda para producción media, la característica que tiene es que involucra a la automatización fija y la programable. Estos sistemas están constituidos por una serie de puestos o estaciones de trabajo y están relacionadas entre sí



por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados por computadoras. (GROOVER, 1989)

**2.2.2 Robótica industrial (tecnología, programación y aplicaciones).** La automatización en la actualidad es uno de los objetivos más importantes de las empresas, para la mejora de la productividad, reduciendo los costes de producción y mejorando la calidad de la misma. La automatización está formando parte del sistema de fabricación, en la que está diseñado y estructurado para aprovechar la mayor capacidad de desarrollo de las máquinas, con el objetivo de ejecutar tareas o trabajos que son realizados por los seres humanos, con el fin de minimizar riesgos existentes en la producción. (ALMAZÁN, 2008)

Figura 2. Relación de automatización fija, programable y flexible como una función del volumen de producción y la diversidad del producto.



Fuente: Robótica industrial tecnología, programación y aplicaciones.

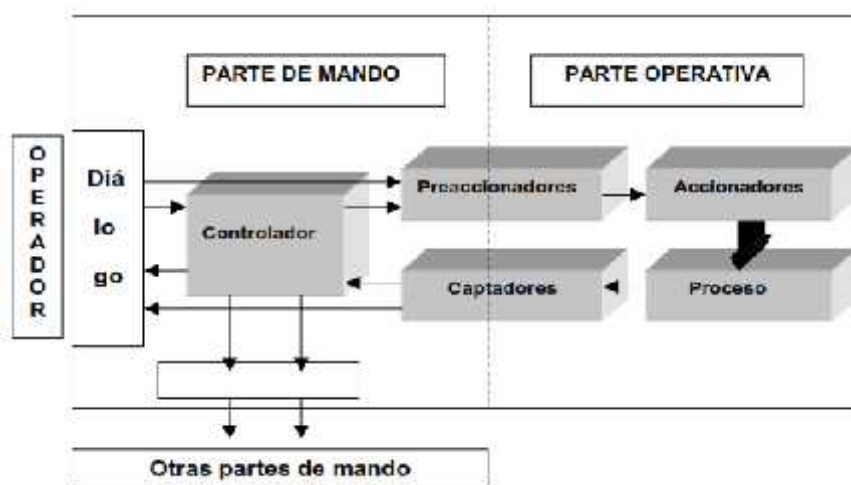
**2.2.3 Modelo estructural de un sistema automatizado.** Todo sistema automatizado consta de una estructura conformada por dos partes principales bien definidas; parte operativa y parte de mando.

**2.2.3.1 La parte operativa.** Está conformado por accionadores y su función principal es llevar a cabo actividades directamente a la máquina, los accionadores son elementos tales como: motores, cilindros, compresores, captadores, terminales o finales de carrea, estos

elementos permiten que la máquina se mueva y ejecute operaciones de producción deseadas.

**2.2.3.2 La parte de mando.** Es la que emite órdenes o señales a la parte operativa. Estas órdenes son emitidas por medio de relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos, y tecnología cableada. En la parte de mando se encuentra el “controlador” el cual es el elemento que coordina y recepta toda la información para luego ser procesada y emitida a la parte operativa. (ALMAZÁN, 2008)

Figura 3. Esquema funcional de un sistema automatizado



Fuente: Proyecto de un sistema de automatización.

**2.2.4 Tipos de robots.** En la actualidad existe una gran variedad de robots con diversas estructuras geométricas y mecánicas que definen su funcionalidad y su aplicación. Sin embargo se clasifican de la siguiente manera.

Tabla 1. Tipos de robots

Clasificación de robots		
Móviles	Terrestres: ruedas, patas	
	Submarinos, aéreo-espaciales	
Humanoides	Diseño complejo	
Industriales	Brazos mecánicos	Robots manipuladores

Fuente: Robótica control de robots manipuladores.

**2.2.5 Robots industriales.** En la actualidad los robots más utilizados en la industria son los manipuladores, por el gran desempeño y trabajo que los caracteriza al momento de realizar una función o labor dentro de la industria.

La definición más aceptada de un robot industrial se lo atribuye a la Asociación de Industrias de la Robótica (RIA, Robotic Industry Association) que es, "Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas".

Dicha definición es variada por la Organización Internacional de Estandares (ISO) en la que señala al robot industrial como, "Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas".

Por otro lado la Federación Internacional de Robótica ( IFR, International Federation of Robotics) hace una diferencia entre un robot industrial manipulador con otros tipos de robots. "Por robot industrial de manipulación se entiende una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento".

A esta definición se debe tener como la programabilidad y la multifuncionalidad física de un robot sin sufrir modificaciones del mismo. (GONZÁLES, 2014)

Figura 4. Brazo industrial



Fuente: <http://fanaticomecatronica.files.wordpress.com/2010/02/brazo.jpg>

**2.2.5.1 Configuraciones morfológicas y parámetros característicos de los robot industriales.** Por medio de la geometría, la estructura mecánica de un brazo industrial esta determinada por:

- **Cartesiano:** Es el posicionamiento en el espacio, se da por medio de las articulaciones lineales.
- **Cilíndrico:** Está determinado por la articulación rotacional por medio de una base, y mediante articulaciones lineales para darnos movimientos en la altura y en radio.
- **Polar :** Consta de dos articulaciones rotacional y articulaciones lineales.
- **Esférico:** Está compuesto de tres articulaciones rotacionales.
- **Mixto:** Posee varias articulaciones, esto quiere decir que es una combinación de las anteriores para tener un mayor desenvolvimiento.
- **Paralelo:** Tiene brazos con articulaciones tanto prismáticas o rotacionales.

## **2.3 Aplicaciones y características de un brazo robótico**

**2.3.1 Aplicaciones de un brazo robótico.** La implementación de los brazos robóticos en la industria exige un estudio previo detallado del proceso para el cual va a ser utilizado, analizando las ventajas y desventajas que se puede tener con su introducción.

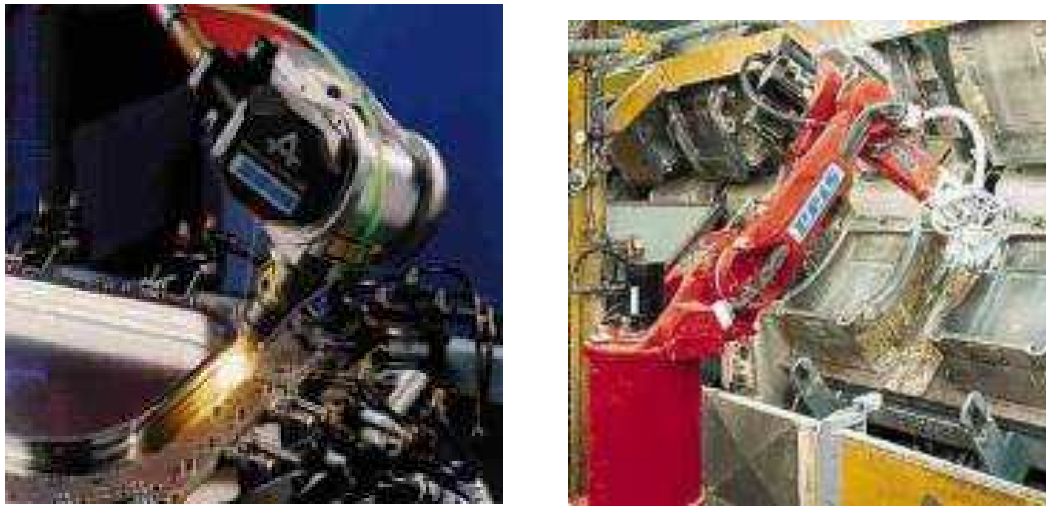
De la misma manera se debe estar sujeto a cambios en los procesos primitivos, es así que, la aplicación es muy extensa y entre las más importantes podemos citar:

- Trabajos en fundición.
- Soldadura.
- Aplicación de materiales.
- Aplicación de sellantes y adhesivos.
- Alimentación de máquinas.
- Procesado.
- Corte, montaje.
- Paletización.
- Control de calidad.
- Manipulación en salas blancas.

Para seleccionar el tipo de robot que se utilizará en los distintos procesos se debe tener en cuenta varios factores como: espacio de trabajo, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc. (GONZÁLEZ, 2002)

**2.3.1.1 Trabajos en fundición.** La fundición por inyección fue lo primero en ser robotizado (1960). El material utilizado se encuentra en estado líquido, posteriormente es inyectado a presión al molde por medio de dos cilindros. La pieza solidificada es extraída para ser desbarbada. Una vez que el molde se encuentra limpio puede ser utilizado nuevamente.

Figura 5. Brazos robóticos utilizados en la fundición.



Fuente: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- La fundición de las piezas del molde y transporte a un lugar enfriado y posteriormente a otro proceso (desbarbado, corte, etc...).
- Limpieza y mantenimiento de los moldes, eliminación de rebabas (por aplicación de aire comprimido) y aplicación de lubricante.
- La colocación de piezas al interior de los moldes (embutidos).

Las cargas manejadas suelen ser medias o altas, no es necesario gran precisión y su campo de acción debe ser grande.

**2.3.1.2 Soldadura.** La industria automovilística ha sido la mayor impulsadora de la robótica industrial, la tarea robotizada más frecuente dentro de la fabricación de automóviles ha sido la soldadura de carrocerías. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos.

Figura 6. Soldadura por puntos



Fuente:[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- Transporte de la pieza, presentando ésta a los electrodos que están fijos, o bien, el robot transporta la pinza de soldadura posicionando en el punto exacto de la pieza en la que se desea realizar la soldadura, el optar por uno u otro método depende del tamaño, peso y manejabilidad de las piezas.

En las grandes líneas de soldadura de carrocerías, éstas pasan secuencialmente por varios robots dispuestos frecuentemente formando un pasillo, los robots de una manera coordinada posicionan las piezas de soldadura realizando varios puntos consecutivamente. Los robots de soldadura por puntos precisan capacidad de cargas del orden de los 50 - 100kg.

**2.3.1.3 Aplicación de materiales.** El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.

Figura 7. Aplicación de materiales



Fuente:[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- El entorno en el que se realiza la pintura debido al peligro, tiene simultaneamente espacio reducido, atmósfera tóxica, alto nivel de ruido y riesgos de incendio. Estas condiciones han hecho de la pintura y operaciones afines, un proceso de interesante robotización.

**2.3.1.4 Aplicación de sellantes y adhesivos.** En este proceso el material a aplicar se encuentra en forma líquida o pastosa en un tanque, siendo bombeada hasta la pistola de aplicación que porta el robot, éste regula el caudal del material que se proyectará. El robot siguiendo la trayectoria programada expulsa la sustancia que se solidifica al contacto con el aire.

El robot se usa en:

- La aplicación de cordones de material sellante o adhesivos en la industria del automóvil, sellante de ventanas y parabrisas, material anticorrosión en los bajos, etc.

**2.3.1.5 Alimentación de máquinas.** La alimentación de máquinas especializadas es otra tarea de manipulación de posible robotización. La peligrosidad y monotonía de las operaciones de cargas y descargas de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de procesado, han conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres.

Figura 8. Alimentación de máquinas



Fuente:[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa para:

- Conformar metales en frío o para mediante estampación y embutido obtener piezas de complicadas formas a partir de planchas de metal. En ocasiones la misma pieza pasa consecutivamente por varias prensas hasta conseguir su forma definitiva. La carga y descarga de estas máquinas se realiza tradicionalmente a mano, con el elevado riesgo que esto conlleva para el operario, al que una pequeña distracción puede costarle un serio accidente.

Estas circunstancias, junto con la superior precisión de posicionamiento que puede conseguir el robot, y la capacidad de éste de controlar automáticamente el funcionamiento



de la máquina y dispositivos auxiliares, han hecho que el robot sea una solución ventajosa para este proceso.

**2.3.1.6 Procesado.** Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrentará a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general una modificación en la forma de la pieza.

El desbarbado consiste en la eliminación de rebabas de la pieza de metal o plástico, procedentes de un proceso anterior (fundición, estampación, etc.). Esta operación se realiza manualmente.

Figura 9. Procesado



Fuente: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- En el desbarbado el robot porta la herramienta o la pieza, según la aplicación, haciendo entrar ambas en contacto. La herramienta debe seguir el contorno de la pieza con elevada precisión en su posicionamiento y velocidad. Por este motivo se utiliza robots con capacidad de control de trayectoria continua y buenas características de precisión y control de velocidad.

**2.3.1.7 Corte.** La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquel sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computadora (CAD).

Los métodos de corte no mecánico más empleados son oxicorte, plasma y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar.

Figura 10. Corte



Fuente: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- Transporte de la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando éste sobre la pieza al tiempo que sigue su trayectoria determinada.

**2.3.1.8 Montaje.** Muchos procesos de ensamblado se han automatizado empleando máquinas especiales que funcionan con gran precisión y rapidez. Sin embargo, el mercado actual precisa de sistemas muy flexibles, que permitan introducir frecuentes modificaciones en los productos con unos costes mínimos. Por este motivo el robot industrial se ha convertido en muchos casos en la solución ideal para la automatización del ensamblaje.

Figura 11. Montaje



Fuente: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- El ensamblaje de piezas pequeñas en conjuntos mecánicos o eléctricos. Para ello el robot precisa de una serie de elementos auxiliares cuyo coste es similar o superior la del propio robot. Entre estos cabe destacar a los alimentadores (tambores, vibradores, etc.).

**2.3.1.9 Paletización.** Es un proceso básicamente de manipulación, consiste en disponer piezas sobre una plataforma o bandeja (pallet). Las piezas en un pallet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión.

Figura 12. Paletización



Fuente: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

El robot se usa en:

- La paletización en las que la forma, número o características generales de los productos a manipular cambian con relativa frecuencia. Esto permite resolver la carga y descarga, optimizando los movimientos del robot, y aprovechando la capacidad del pallet.

**2.3.1.10 Control de calidad.** El robot industrial puede participar en esta tarea utilizando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizarse el control dimensional de piezas ya fabricadas, para ello el robot ya toca con el palpador varios puntos claves de la pieza.

Otras posibles aplicaciones del robot en el control de calidad, consiste en utilizar a éste para transportar el instrumental de medida (ultrasonidos, rayos X, etc.) a puntos concretos de la pieza a examinar. Los posibles defectos pueden almacenarse o registrarse en la propia unidad de control del robot. Por último, el robot puede usarse como manipulador encargado de clasificar piezas según ciertos criterios de calidad.

**2.3.1.11 Manipulación en salas blancas.** Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambiente extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultada no por el trabajo en sí, que no tiene por qué ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes espaciales y controles rigurosos.

Figura 13. Manipuladores en salas blancas



Fuente:[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm)

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores a las de fabricación de algunos productos farmacéuticos son ejemplos típicos.

La utilización de un robot para estas funciones se realiza introduciendo éste de manera permanente en una cabina. El robot debe cumplir la normativa correspondiente al entorno siendo, por lo demás, válido cualquier robot comercial, normalmente de seis grados de libertad y alcance inferior a un metro. De este modo se consigue, entre otros beneficios, una reducción del riesgo de contaminación, una mayor homogeneidad en la calidad del producto y una reducción en el coste de la fabricación. (GONZÁLEZ, 2002)

**2.3.2** *Características de un brazo robótico.* Aquí se menciona las características más relevantes que poseen los robots con una breve descripción de cada uno de ellos, así:

- Grados de libertad.
- Zonas de trabajo y dimensiones del manipulador
- Capacidad de carga.
- Exactitud y repetitividad.
- Precisión en la repetitividad.
- La resolución de mando.
- Velocidad.
- Coordenadas de los movimientos.
- Los brazos de robot.
- Tipo de actuadores.
- Programabilidad.

**2.3.2.1** *Grados de libertad.* Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. También se lo puede definir como los posibles movimientos básicos (giratorios y de desplazamiento) independientes.

Un mayor número de grados de libertad conlleva tener mayor flexibilidad en el posicionamiento del elemento terminal. Por lo que, en la industria se requieren 6 grados

de libertad para procesos como la soldadura, mecanizado, paletización y un número superior para procesos de montaje.

**2.3.2.2 Zonas de trabajo y dimensiones del manipulador.** Las dimensiones de los elementos que forman parte del robot conjuntamente con los grados de libertad, precisan la zona de trabajo, particularidad fundamental en la fase de selección e implementación de un modelo adecuado.

La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí, por la accesibilidad específica del elemento terminal, es diferente a la que permite orientarlo verticalmente o con el determinado ángulo de inclinación.

**2.3.2.3 Capacidad de carga.** Se refiere al peso, en kilogramos, que puede transportar el elemento terminal del manipulador recibe el nombre de capacidad de carga. En ocasiones este dato proporciona el fabricante.

En modelos de robots industriales la capacidad de cargas pueden oscilar entre 205 kg y 0.9 kg. Esta característica es fundamental para la elección de un robot, según la aplicabilidad que el mismo vaya a desempeñar. Para soldadura y mecanizado las capacidades de carga son superiores a los 50 kg.

**2.3.2.4 Exactitud y repetitividad.** Las funciones de la exactitud y la repetitividad son:

- **La resolución.-** el uso de sistemas digitales, y otros factores que solo son un número limitado de posiciones que están disponibles. Así el usuario ajusta a menudo las coordenadas a la posición discreta más cercana.
- **La cinemática del error modelado.-** el modelo de la cinemática del robot no empareja al robot exactamente. Como resultado los cálculos de ángulos de la junta requeridos contienen un error pequeño.

- **Los errores de calibración.-** la posición determinada durante la calibración puede estar apagada ligeramente, mientras se está produciendo un error en la posición calculada.
- **Los errores de azar.-** los problemas se levantan conforme el robot opera. Por ejemplo: fricción, torcimiento estructural, la expansión termal, la repercusión negativa, la falla en las transmisiones, etc. puede causar variaciones en la posición.

**2.3.2.5 Precisión en la repetitividad.** Esta magnitud establece el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada.

Dependiendo del trabajo que se desea realizar, la precisión en la repetitividad puede ser mayor o menor. Así por ejemplo, en labores de ensamblaje de pieza, dicha característica ha de ser menor a  $\pm 0.1\text{mm}$ .

**2.3.2.6 La resolución del mando.**

- **La resolución espacial.-** es el incremento más pequeño de movimiento en la que el robot puede dividir su volumen de trabajo. Esta depende de dos factores: los sistemas que controla la resolución y las inexactitudes mecánicas del robot.
- **Control de la resolución.-** es la habilidad de los controladores de dividir el rango total de movimiento para la junta particular en incrementos individuales que pueden dirigirse en el controlador. Los incrementos en ocasiones son llamados “el direccionamiento parte”. El número de incrementos separados, identificables (el direccionamiento apunta) para un eje particular es:

$$\text{Número de incrementos} = 2(\exp) n.$$

**2.3.2.7 Velocidad.** La velocidad de trabajo elevada, aumenta extraordinariamente el rendimiento del robot, por lo que es importante esta magnitud para elección del mismo. Para tareas de soldadura y manipulación de piezas es recomendable que la velocidad de

trabajo sea alta. Pintura mecanizado y ensamblaje la velocidad debe ser media o incluso baja.

**2.3.2.8** *Coordenadas de los movimientos.* La estructura del manipulador y la relación entre sus elementos proporcionan una configuración mecánica, que da origen al establecimiento de los parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal.

Fundamentalmente, existen cuatro estructuras clásicas en los manipuladores, que se relacionan con los correspondientes modelos de coordenadas, en el espacio y que se citan a continuación:

- Cartesiana.
- Cilíndricas.
- Polares.
- Angulares. (VIRTUAL, 2012)

## **2.4 Descripción de los grados de libertad de un brazo robótico.**

La determinación de los grados de libertad (GLD) de un brazo robótico, corresponden al número de movimientos independientes (giros y desplazamientos) que realizan las articulaciones entre dos eslabones a esto se le denomina “grado de libertad”, los GLD son variables independientes donde permiten al brazo determinar la posición y orientación del elemento en un plano del espacio y proporciona al robot ubicar un objeto en el espacio tridimensional. (SAHA, 2014)

El número total de los GLD se puede determinar por la suma de todos los grado de libertad que tiene cada una de las articulaciones. El número de las articulaciones presentes en un robot coinciden con los GLD, para la aplicación del robot se debe tener en cuenta una serie de especificaciones y combinaciones de las articulaciones nos permite obtener una serie de configuraciones y estas dependen tanto del diseño y construcción para la cual va a ser utilizado el robot. (OPORTO, 2010)



Los tipos de articulaciones que nos permiten determinar los grados de libertad de un brazo robótico vienen especificados de la siguiente manera:

- Esférica o rótula 3 GLD
- Planar 2 GLD
- Tornillo 1 GLD
- Prismática 1 GLD
- Rotacional 1 GLD
- Cilíndrica 2 GLD. (OPORTO, 2010)

Figura 14. Grados de libertad



Fuente: <http://brazorobotico85337.blogspot.com/>

## 2.5 Componentes de hardware y software.

**2.5.1 Componentes hardware.** El brazo robótico consta de 6 servomotores, una tarjeta SSC-32, una tarjeta Arduino Mega 2560, una Shield Sensor V5, un joystick metalstrike 3D, y un control inalámbrico.

**2.5.1.1** Los 6 servomotores son de marca Hitec, estos están dispuestos para cada una de las articulaciones que lo integran, como son: base, hombro, codo, muñeca, rotación de la muñeca, apertura y cierre del gripper, a continuación se detalla los elementos utilizados.

Tabla 2. Servomotores

Articulaciones	Servomotor
Base	HS-485HB
Hombro	HS-805BB
Codo	HS-755HB
Muñeca	HS-485HB
Rotación de la muñeca	HS-645MG
Gripper	HS-422

Fuente: Los autores.

Tabla 3. Base: servomotor Hitec HS-485HB-Deluxe Heavy Duty Servo.

Modulación	Analógica
Torque	4.8V: 72,0 oz-in (5,18 kg-cm) 6.0V: 89,0 oz-in (6,41 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0,20 seg / 60° 6.0V: 0,17 seg / 60°
Peso	1,59 oz (45,0 g)
Dimensiones	Largo: 1.57 in (39,9mm) Ancho: 0.78 pulg (19.8 mm) Altura: 1.49 in (37,8 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Plástico
Rotación / soporte	Teniendo individual
Notas especiales: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fabricante advertencia: “no utilice taquillas hilos en este servo ya que hará que el eje de salida falle.”</li> </ul>	
Especificaciones adicionales: <ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de rotación: 60°</li> <li>Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> <li>Tipo de conector: JR</li> </ul>	



Fuente: Los autores.

Tabla 4. Hombro: servomotor Hitec HS-805BB- Escala Servo Mega Gigante

Modulación	Analógica
Torque	4.8V:245,0 oz-in (19,80 kg-cm) 6.0V:343,0 oz-in (24,70 kg-cm)
Velocidad	4.8V:0,19 seg / 60° 6.0V:0,14 seg / 60°
Peso	5,36oz (152,0 g)
Dimensiones	Largo:2,59 in (65,8mm) Ancho:1,18 in (30,0 mm) Altura:2,26 in ( 57,4 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Plástico
Rotación / soporte	Rodamientos duales
<p>Notas especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este servomotor debe ser utilizado con al menos una de NiCd / NiMH batería 1200mAh (5-6 células). El poder debe ser alimentado directamente al servomotor sin pasar por el regulador de BEC.</li> <li>• Hitec HS-805MG es el mismo servomotor, pero con engranajes de metal.</li> </ul>	
<p>Especificaciones adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>• Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> </ul>	



Fuente: Los autores.

Tabla 5. Codo: servomotor Hitec HS-755HB- Escala gigante Servo.

Modulación	Analógica
Torque	4.8V:152,7 oz-in (11,00 kg-cm) 6.0V:183,3 oz-in (13,20 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0,28 seg / 60° 6.0V: 0,23 seg / 60°
Peso	3,88 oz (110,0 g)
Dimensiones	Largo: 2,32 in (58,9 mm) Ancho: 1,14 in (29,0 mm) Altura: 1.96 pulg (49,8 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Plástico
Rotación / soporte	Rodamientos duales
<p>Notas especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hitec HS-755MG es el mismo servomotor, pero con engranajes de metal.</li> </ul>	
<p>Especificaciones adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de rotación: 180°</li> <li>Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> </ul>	



Fuente: Los autores.

Tabla 6. Codo: servomotor Hitec HS-485HB-Deluxe Heavy Duty Servo.

Modulación	Analógica
Torque	4.8V:72,0 oz-in (5,18 kg-cm) 6.0V:89,0 Oz-in (6,41 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0,20 seg / 60° 6.0V: 0,17 seg / 60°
Peso	1,59 oz (45,0 g)
Dimensiones	Largo: 1.57 in (39,9mm) Ancho: 0.78 pulg (19.8 mm) Altura: 1.49 in (37,8 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Plástico
Rotación / soporte	Teniendo induvidual
<p>Notas especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fabricante advertencia: “no utilice taquillas hilos en este servomotor ya que hára que el eje de salida falle.”</li> </ul>	
<p>Especificaciones adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de rotación: 60°</li> <li>Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> <li>Tipo de conector: JR</li> </ul>	



Fuente: Los autores.

Tabla 7. Rotación de la muñeca: servomotor Hitec HS-645MG-Deluxe Heavy Duty Servo.

Modulación	Analógica
Torque	4.8V: 106,9 oz-in (7.70 kg-cm) 6.0V: 133,3 oz-in (9,60 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0,24 seg / 60° 6.0V: 0,20 seg / 60°
Peso	1,95 oz (55,2 g)
Dimensiones	Largo: 1,59 in (40,4 mm) Ancho: 0.77 pulg (19,6 mm) Altura: 1.48 in (37,6 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Metal
Rotación / soporte	Rodamientos duales
<p>Especificaciones adicionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de rotación: 180°</li> <li>• Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>• Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> </ul>  <p>El servomotor HS-645MG es uno de los servomotores más populares de Hitec. Es la elección perfecta para aquellas aplicaciones que requieren un elevado tiempo de duración. Con nuestra tecnología de tren de engranajes de metal único. El HS-645MG ofrece uno de los trenes de engranajes más fuertes disponibles en cualquier servomotor.</p>	

Fuente: Los autores.

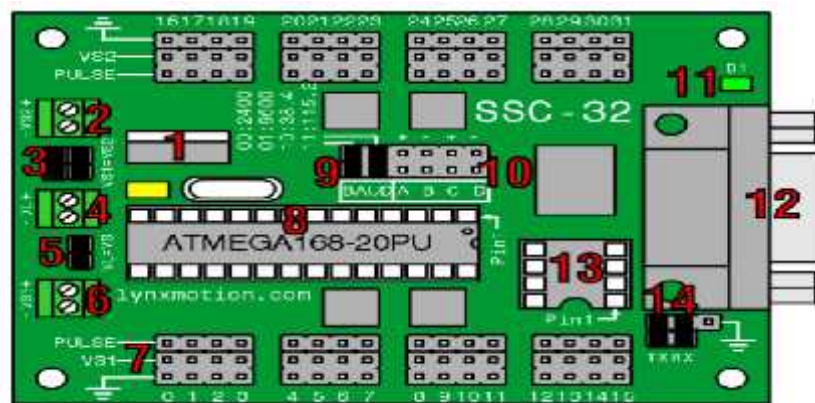
Tabla 8. Gripper: servomotor Hitec HS-422-Standard Deluxe Servo.

Modulación	Analógica
Torque	4.8V:45,8 oz-in (3,30 kg-cm) 6.0V:56,9 oz-in (4,10 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0,21 seg / 60° 6.0V: 0,16 seg / 60°
Peso	1,60 oz (45,5 g)
Dimensiones	Largo: 1,59 in (40,4 mm) Ancho: 0.77 in (19,6 mm) Altura: 1.44 in (36,6 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo de arte	Metal
Especificaciones adicionales:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de totación: 180°</li> <li>• Ciclo de pulso: 20 ms</li> <li>• Ancho de pulso: 900-2100 ms</li> </ul>	

Fuente: Los autores.

### 2.5.1.2 Tarjeta SSC-32.

Figura 15. Tarjeta SSC-32



Fuente: [www.Superrobotica.com](http://www.Superrobotica.com)

La figura 15 muestra los componentes de un tarjeta SSC-32 que se detallan a continuación:

1. El regulador de tensión de baja caída (LDO) proporcionará una salida de 5 voltios CC con una entrada de tan solo 5,5 voltios CC. Este dato es importante al alimentar el robot a través de una batería. Admite una entrada máxima de 9 voltios CC. El regulador tiene una potencia nominal de 500 mA, aunque debe intentar reducirlo a 250 mA para evitar que el regulador se sobrecaliente en exceso.

2. Este terminal es la alimentación de los canales de los servomotores (del 16 al 31). Se deben aplicar de 4,8 a 6 voltios CC para los servos analógicos y digitales. Se pueden obtener directamente de un pack de pilas de 5 pilas NiMH. Los servomotores HSR-5980 o HSR-5990 se pueden alimentar con 7,2 vdc - 7,4 vdc. Se puede obtener directamente de un pack de 2 pilas de litio o un pack de 2 pilas de NiMH.

Tabla 9. Entradas de alimentación para los servomotores

Placa	Entrada
VS2+	Rojo
VS1-	Negro

Fuente: Los autores.

3. Estos jumpers se utilizan para conectar VS1 a VS2. Se utiliza esta opción cuando se va a alimentar todos los servomotores desde la misma batería. Use ambos jumpers. Si desea utilizar dos packs de pilas independientes, uno en cada lado; elimine estos dos jumpers.

4. Esta es la tensión lógica o VL es la alimentación para la electronica del circuito. Esta entrada se utiliza normalmente con un conector de batería de 9 voltios CC para alimentar los ICs y cualquier cosa que esté conectada a las líneas de 5 voltios CC de la placa. El rango válido para este terminal es 6 vdc - 9 vdc. Esta entrada se utiliza para aislar la alimentación de la lógica de la alimentación de los servomotores. Es necesario eliminar el jumper VS1=VL si los servomotores se van a alimentar de forma independiente desde los conectores VS. El circuito SSC-32 debería consumir 35 mA sin tener nada conectado a la salida de 5 vdc.



Tabla 10. Entradas de alimentación para la electrónica del circuito

<b>Placa</b>	<b>Entrada</b>
VL+	Rojo
VL-	Negro

Fuente: Los autores.

5. Este jumper permite alimentar el microcontrolador y los servomotores desde la misma alimentación del conector VL. Se requieren al menos 6 voltios CC para que funcione correctamente. Si el microcontrolador se resetea cuando haya varios servomotores en movimiento, entonces es recomendable alimentar el microcontrolador de forma independiente a través de la entrada VL. Una batería de 9 voltios CC es perfectamente adecuada para ello. Este jumper debería eliminarse si se va a alimentar el microcontrolador de forma independiente.

6. Este terminal es la alimentación de los canales de los servomotores (del 0 al 15). Se deben aplicar de 4,8 a 6 voltios CC para los servomotores analógicos y digitales. Se pueden obtener directamente de un pack de pilas de 5 pilas NiMH. Los servomotores HSR-5980 o HSR-5990 se pueden alimentar con 7,2 vdc - 7,4 vdc. Se pueden obtener directamente de un pack de 2 pilas de litio o un pack de 2 pilas de NiMH.

Tabla 11. Entradas de alimentación para los canales de los servomotores

<b>Placa</b>	<b>Entrada</b>
VL1+	Rojo
VL1-	Negro

Fuente: Los autores.

7. Aquí es donde tiene que conectar los servomotores y los demás dispositivos de salida. Con cuidado, desactive la alimentación al conectar cualquier elemento al bus de E/S.

Tabla 12. Colores de los cables de conexión

Placa	Cable
Señal	Amarillo o blanco
VS	Rojo
Tierra	Negro

Fuente: Los autores.

8. Aquí es donde se encuentra el chip IC de Atmel. Deberá insertar con cuidado el Pin 1 con la esquina superior derecha como se indica en la imagen. Evite doblar los pines.

9. Las dos entradas de baudios (baud) permiten configurar la tasa de baudios. Vea los ejemplos siguientes.

Tabla 13. Ejemplos de entradas de baudios

Jumpers	Tasa de baudios	Uso
0 0	2400	Procesadores de menor velocidad
0 1	9600	Procesadores de menor velocidad
1 0	38,4k	Comunicación Atom/Stamp
1 1	115,2k	Comunicación con el PC, actualización de firmware

Fuente: Los autores.

10. Las entradas ABCD tienen soporte estático y biestable. Las entradas tienen resistencias internas de tipo pullup (50k) débiles que se utilizan con los comandos de entrada digital de lectura. Se recomienda utilizar un interruptor normalmente abierto desde la entrada a tierra.

11. Este es el LED indicador del buen estado del procesador. Se iluminará de forma continua cuando se aplique la alimentación y permanecerá iluminado hasta que el procesador haya recibido un comando serie válido. Se apagará y volverá a parpadear siempre que reciba datos serie.

12. Simplemente debe conectar un cable con conector DB9 macho/hembra desde este conector a un puerto serie libre de 9 pines de su ordenador para recibir los datos de

posicionamiento de los servomotores. También puede utilizar un adaptador de USB a puerto serie. Tenga en cuenta que existen numerosos adaptadores USB-serie que requieren una alimentación independiente para funcionar correctamente.

13. Se trata de un zocalo para una EEPROM de 8 pines. La EEPROM es compatible con el firmware 2.01GP.

14. Este es el puerto serie a nivel TTL. Instale dos jumpers como se muestra a continuación para habilitar el puerto DB9. Instale dos conectores para utilizar la comunicación serie a nivel TTL desde un microcontrolador. (FRYE, 2009)

**2.5.1.3 Tarjeta Arduino Mega 2560.** El Arduino Mega es una placa electrónica basada en el ATmega1280. Cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertas seriales), un 16 MHz del oscilador de cristal, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar. La Mega es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila.

Tabla 14. Características de la tarjeta Arduino Mega 2560

Microcontroladores	ATmega1280
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por Pin I / O	40 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	128 KB, 4 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del reloj	16 MH

Fuente: Los autores.

Figura 16. Tarjeta Arduino Mega 2560

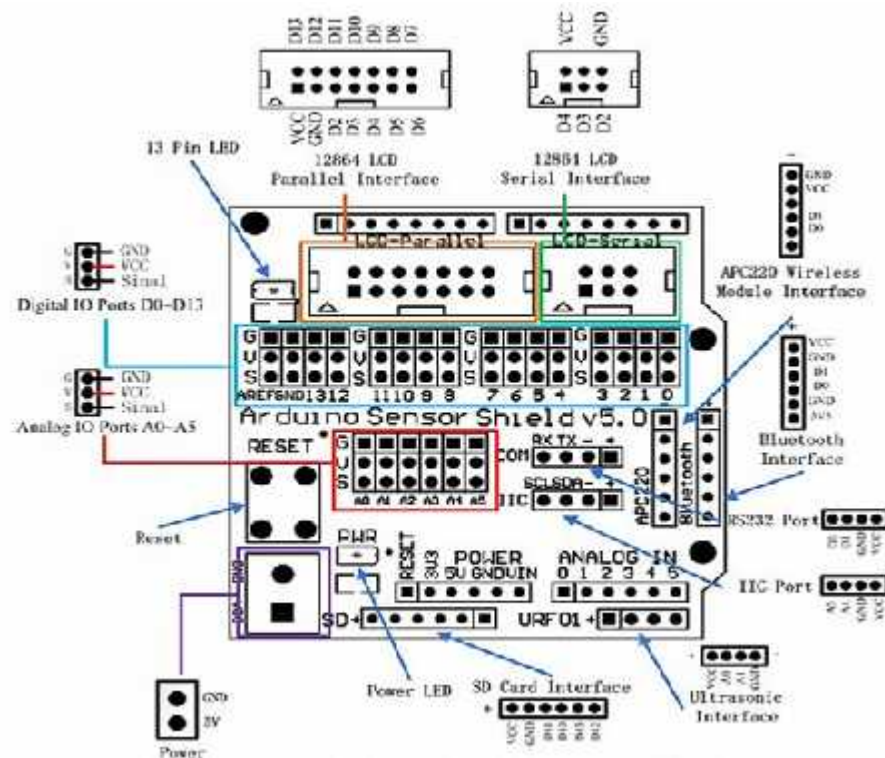


Fuente: <http://arduino.cc>

**2.5.1.4 Shield sensor V5.** La Arduino I/S de expansión Arduino I Escudo proporciona una manera fácil de conectar sensores, servomotores y dispositivo RS485.

Arduino bordo se expande I/S digitales y analógicas pines de entrada de Arduino con poder y GND. Esta también proporciona prendedores PWM separadas que son compatibles con conectores de servomotor estándar.

Figura 17. Diagrama funcional de la Shield Sensor V5



Fuente: <http://www.elecrow.com/sensor-shield-v50-for-arduino-p-370.html>

Otra característica única es que el protector de I/S tiene una acumulación en el convertidor de RS485 que permite a Arduino la comunicación con dispositivos RS485. La toma de comunicación proporciona una manera muy fácil de conectar un módulo inalámbrico, como módulo de RF APC220 y módulo DF- Bluetooth. Tiene una entrada de energía individual para servomotores. Un puente de potencia permite al usuario seleccionar el uso de energía externa o interna para conducir los servomotores. (DFRobot.com, 2009)

**2.5.1.5 Joystick MetalStrike 3D.** Una palanca de mando o joystick (del inglés joy, alegría, y stick, palo) es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial, los nuevos aviones de transporte como el Airbus A320 y los nuevos diseños de aviones de caza, pasando por grúas de carga y porta contenedores, también existen nuevos tractores y máquinas pesadas, que tienen funciones especiales controlados por computadora.

Se suele diferenciar entre joysticks digitales (que leen cuatro interruptores encendido/apagado en cruceta situada en la base más sus combinaciones y los botones de acción) y los analógicos (que usan potenciómetros para leer continuamente el estado de cada eje, y además de botones de acción pueden incorporar controles deslizantes), siendo estos últimos más precisos. (WIKIPEDIA, 2014)

Figura 18. Joystick



Fuente: <http://www.geniusnet.com/Genius/wSite/ct?xItem=19493&ctNode=1309>

**2.5.1.6 Control inalámbrico.** El controlador Logitech Cordless Acción es un controlador inalámbrico con licencia oficial para la consola PlayStation 2 hecha por Logitech. Cuenta con todas las entradas encontró el controlador estándar DualShock 2, es decir, diez analógica (sensible a la presión) botones ( Triángulo, Círculo, Cruz, Cuadrado, L1, R1, L2, R2, Start y Select), tres botones digital (L3, R3 y el análogo botón de modo) y dos sticks analógicos . Como sus botones son sensible a la presión, el controlador es compatible con los juegos que requieren un DualShock 2.

El controlador también cuenta con dos motores de vibración para la retroalimentación háptica, que son compatibles con DualShock / DualShock 2 activar juegos. Como medida de ahorro de energía, la vibración puede ser activada o desactivada por el usuario a través de un botón en la cara del controlador. Está alimentado por dos pilas AA. Se comunica con la consola utilizando una propiedad de 2,4 GHz protocolo de RF inalámbrico por medio de un dispositivo de seguridad que se conecta al puerto del controlador de la PS2 en una manera similar a la de Nintendo WaveBird controlador inalámbrico. (WIKIPEDIA, 2014)

## **2.5.2 Componentes software**

**2.5.2.1 Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05.** Unos de los controladores más avanzados y completos del mercado es la SSC-32 de Lynxmotion, pues posee ciertas prestaciones adicionales a la del control de servomotores, tales como: salidas discretas; estatus de movimientos; entradas digitales, entradas analógicas; un secuenciador de hexápodos, entre otros.

El argumento de cada instrucción debe ser decimal cada intrucción enviada desde un microcontrolador será ejecutada después del <CR> ( carriage return o carácter ASCII 13). Y serán ignorados los espacios, tabulaciones y line feeds.

La tarjeta SSC-32 ha sido diseñada para trabajar con una corriente nominal de 500 mA, sin embargo no es recomendable exceder los 200 mA con el fin de evitar el calentamiento de su regulador, acepta un voltage de entrada desde 5.5V hasta 9V. (LYNXMOTION, 2014)

Figura 19. Ventana de entrada de Lynxmotion



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**2.5.2.2 Arduino.** Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) de software flexibles y faciles de usar. (ENRÍQUEZ, 2009)

Figura 20. Logotipo de Arduino



Fuente: <http://arduino.cc/en/Trademark/CommunityLogo>

## CAPÍTULO III

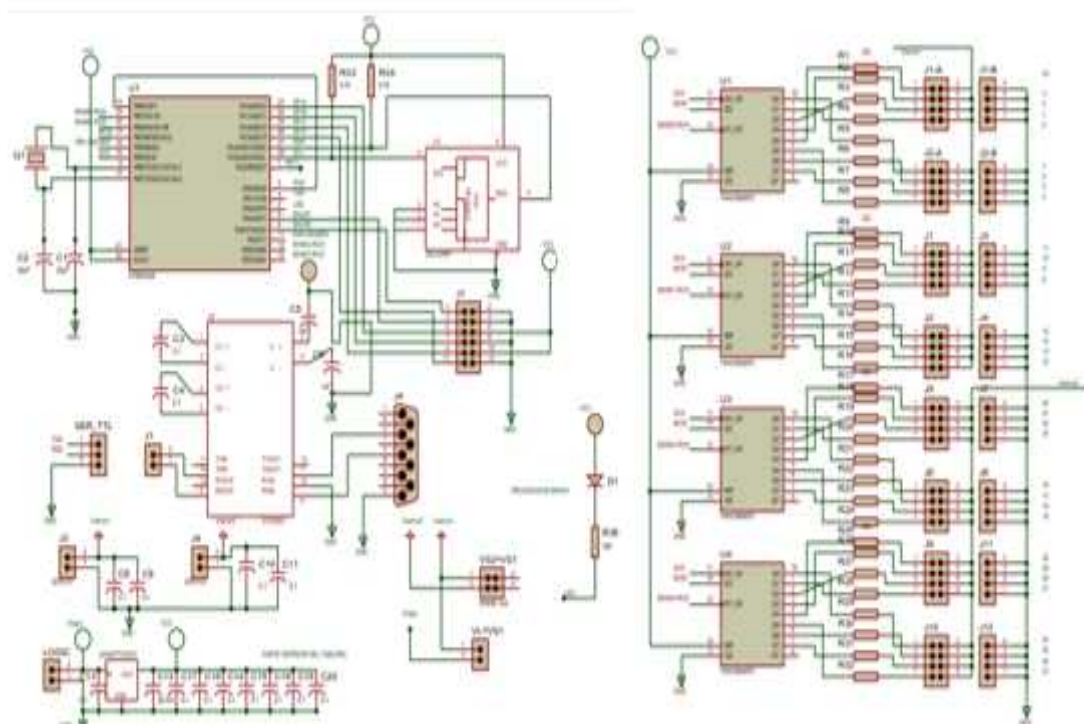
### 3. DISEÑO Y MONTAJE DEL BRAZO ROBÓTICO

### 3.1 Diseño del circuito de control.

**Placa SSC-32**

En el siguiente esquema se puede visualizar la conexión de cada uno de los componentes y circuitos que intervienen en la Tarjeta SSC-32.

Figura 21. Tarjeta SSC-32



Fuente: Los autores.

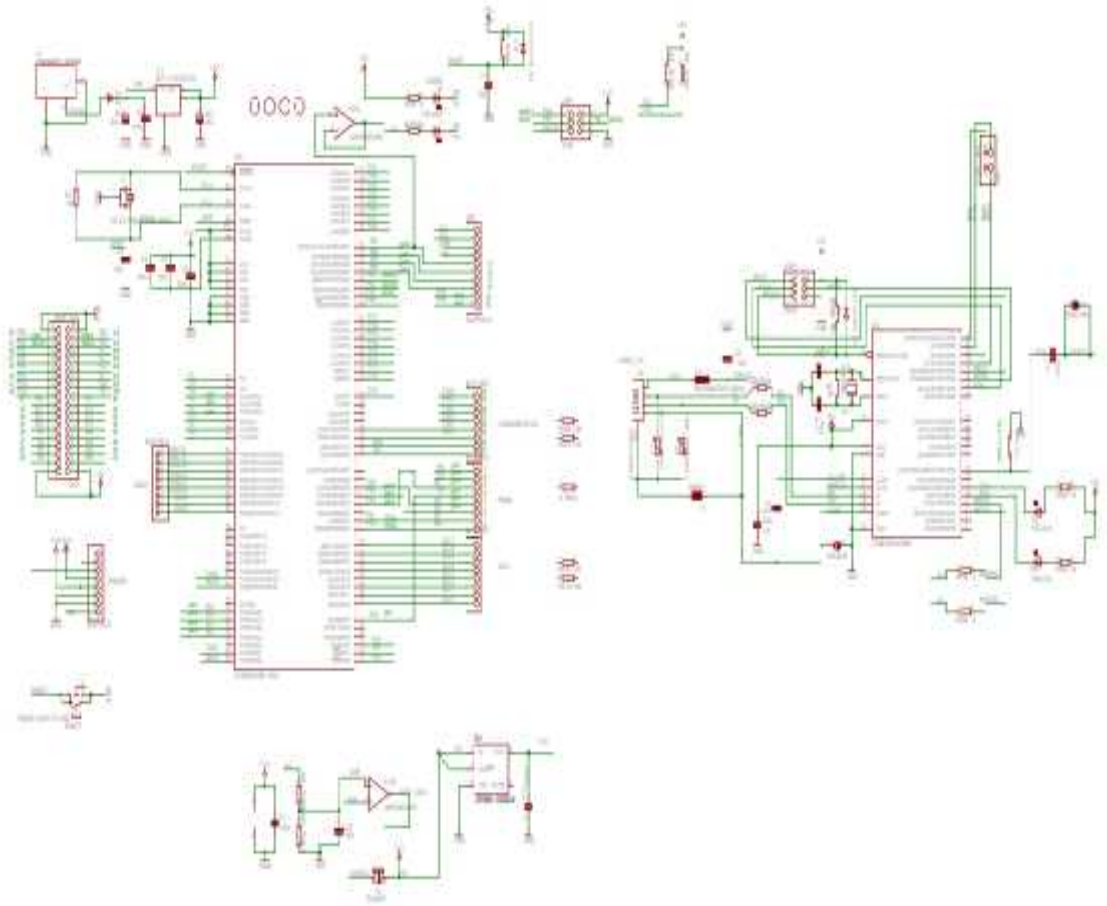
Nota: ver ampliación en Anexo A.



## Tarjeta Arduino Mega 2560

El esquema de la tarjeta Arduino Mega 2560 se muestran cada uno de los componentes y sus respectivos circuitos que lo conforman para una mejor visualización.

Figura 22. Tarjeta Arduino Mega 2560



Fuente: Los autores.

Nota: ver ampliación en Anexo B

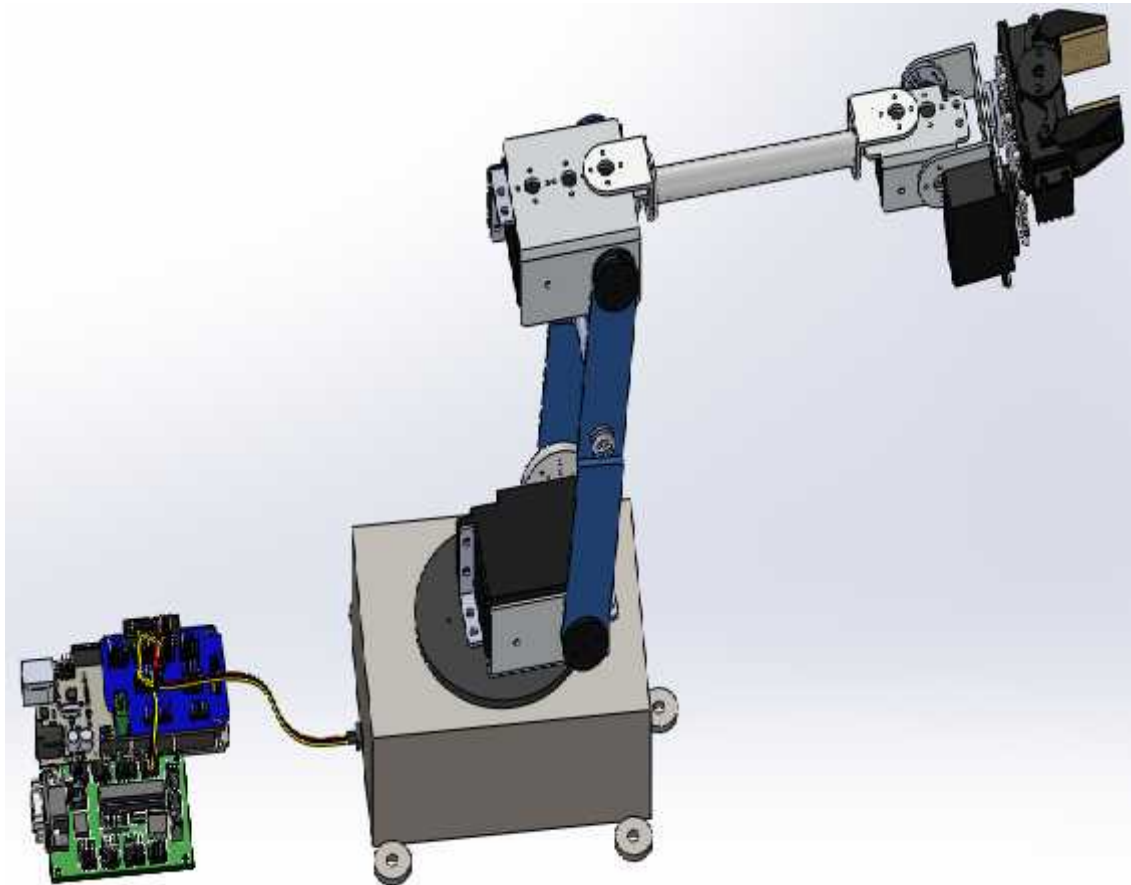
### 3.2 Elaboración del esquema del módulo

La elaboración del módulo corresponde al despiece total del brazo robótico, para lo cual se utilizó como herramienta SolidWorks. (Ver anexo C)

### 3.3 Diagrama de instalación

El diagrama de instalación se refiere a la forma de conectar cada una de los servomotores del brazo a las tarjetas para su correcto funcionamiento.

Figura 23. Diagrama de conexión servomotores – tarjetas

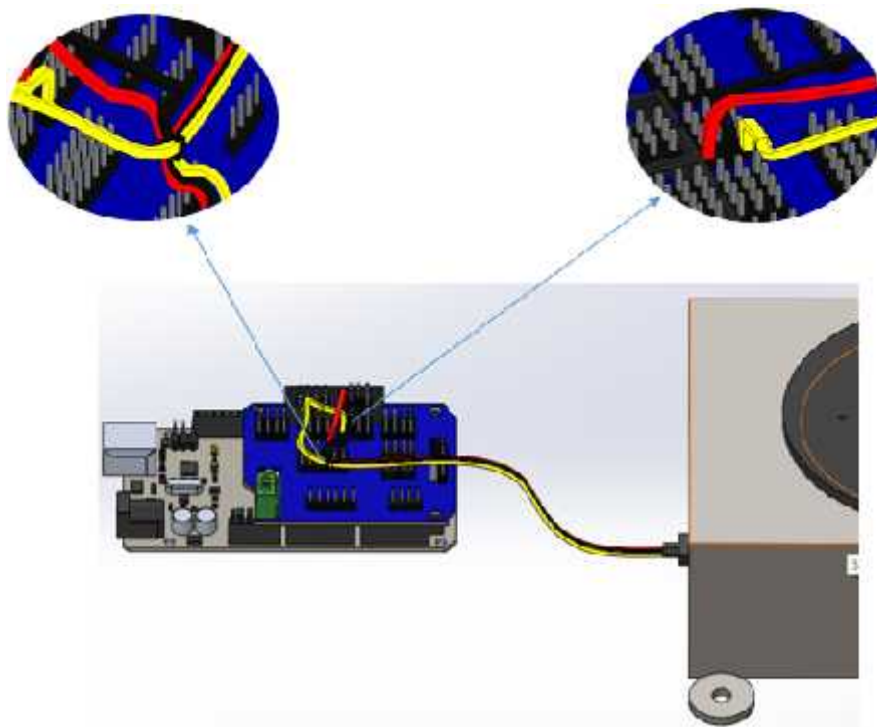


Fuente: Los autores.

En la figura 23 se visualiza la conexión de los servomotores a las tarjetas SSC-32 y shield sensor V5, las mismas que se encuentra conectadas en paralelo.

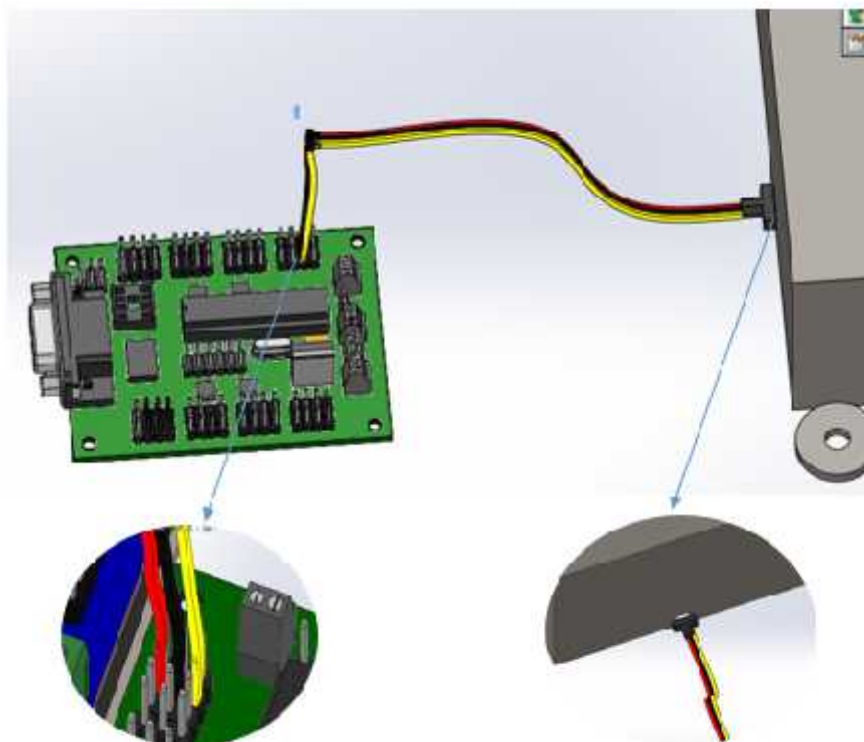
Este modo de conexión se emplea para cada una de las articulaciones presentes en el brazo robótico.

Figura 24. Diagrama de conexión servomotores - Shield sensor V5.



Fuente: Los autores.

Figura 25. Diagrama de conexión servomotores - Tarjeta SSC-32.



Fuente: Los autores.

### 3.4 Montaje del brazo robótico

#### 3.4.1 Guía de ensamblaje de la base del brazo robótico.

1. Instale los cojinetes en la base. Añada grasa para disminuir la fricción entre los cojinetes y el canal de la base.
2. La figura 26 muestra un servomotor típico de tamaño estándar con su cuerno de salida (la parte blanca) en la posición central. A continuación retire con cuidado el tornillo del cuerno del servomotor y tire directamente fuera de el.

Figura 26. Servomotor típico



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

3. Coloque el servomotor como se muestra y atornille firmemente usando 4 tornillos de rosca.

Figura 27. Tornillos Phillips 3/8"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build40d.htm>

4. Fije el soporte correspondiente al hombro del brazo robótico industrial en la parte superior de la base, utilizando cuatro pernos phillips 2-56 x 0.250" en la cabeza y cuatro tuercas 2-56 como se muestra.

Figura 28. Perno Phillips 1/4"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build40d.htm>

Figura 29. Tuerca 1/4"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build40d.htm>

Figura 30. Ensamblaje del soporte del hombro



Fuente: Los autores.

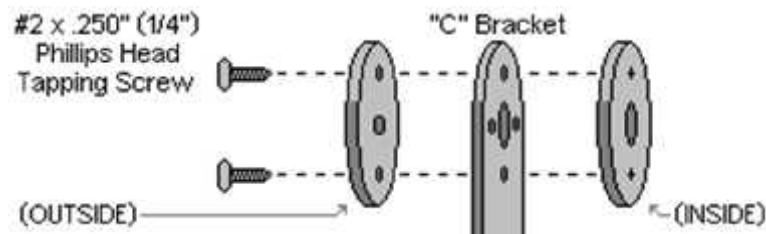
5. Instale la base superior. El patrón de agujeros debe alinearse como se muestra en la figura 30, con una línea que apunta al orificio del servomotor, y todas las líneas que apuntan entre las lengüetas de montaje. Coloque la parte superior con el tornillo del servomotor.

6. Coloque el cable del servomotor de la base a través del agujero de la parte posterior de la misma. El cable debe quedar al mismo nivel de la mesa de soporte. (DYNAMO, 2014)

### 3.4.2 Guía de ensamblaje del brazo robótico

1. Instale los paneles de amortiguación mecánicos como se muestra en la figura 31. Utilice cuatro tornillos # 2 de rosca. Asegúrese de añadir los discos para el lado correcto.

Figura 31. Paneles de amortiguación



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

2. Inserte el tornillo de cabeza phillips 4-40 x 0.5 a través del agujero en el soporte multi-propósito, como se muestra en la figura 34. Fije con una tuerca de acero.

Figura 32. Perno Phillips 1/2"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 33. Tuerca 1/2"

4-40 x .250" Steel  
Standard Nut



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 34. Ensamblaje de guía del soporte lateral



Fuente: Los autores.

3. Coloque el soporte como se muestra en la figura y asegure con una tuerca de nylon, la fricción se puede ajustar apretando o aflojando la tuerca de bloqueo. Comience con la tuerca floja, y si el brazo parece tambalearse un poco, se puede apretar este conjunto para corregir.

**Precaución:** no apriete demasiado. Si el brazo se opera con los amortiguadores mecánicos demasiado apretado, el servomotor se calentará y puede ser dañado.

Figura 35. Tuerca de seguridad 1/2"

4-40 x .250" Steel  
Nylon Insert Locking Nut



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 36. Instalación de los amortiguadores mecánicos



Fuente: Los autores.

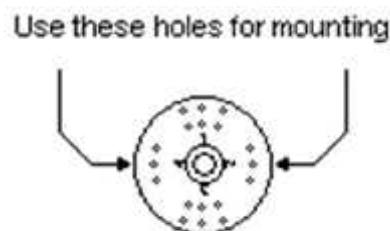
4. Conecte el servomotor HS-805BB al soporte de la base como se muestra en la figura 39 utilizando el hardware de 3 mm; siga el diagrama siguiente. Utilice dos # 4 x 3/8 "tapping tornillos para fijar el soporte al servomotor. Pase los cables del hombro debajo del servomotor. Conecte el servomotor en el canal 1 en el SSC-32. Con cuidado, gire la base a un extremo, y utilizar un lazo de alambre para tomar el relevo en el cable del mismo.

Figura 37. Tornillo Phillips 3/8"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

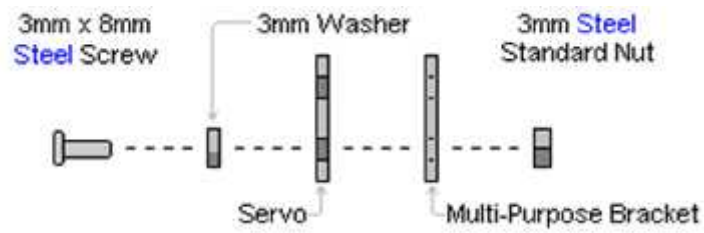
Figura 38. Cuerno del servomotor



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>



Figura 39. Instalación del soporte lateral



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 40. Soporte lateral



Fuente: Los autores.

5. Coloque dos de los centros conector del tubo al lado corto de los soportes en "L", con cuatro 2-56 x 0.250 tornillos y tuercas de 2-56. Ver figura 28 y figura 29.

Figura 41. Conector en L del eje



Fuente: Los autores.

6. Inserte los conectores al eje utilizando dos pernos 4-40 x 0.250" y 4.50. Apretar con fuerza.

Figura 42. Perno hexagonal 1/4"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 43. Ensamblaje del conector en L con el eje



Fuente: Los autores.

7. Coloque el eje los soportes del codo y la muñeca respectivamente como se muestra en la figura 44, utilizando cuatro tornillos 2-56 x 0.250 y tuercas de 2-56. Ver figura 28 y figura 29.

Figura 44. Ensamblaje del eje con los soportes del codo y la muñeca



Fuente: Los autores.

8. Inserte el perno de cabeza Phillips 4-40 x 0.5 (ver figura 32 y figura 33) a través del agujero en el soporte del codo como se muestra en la figura 45. Fije con una tuerca de acero.

Figura 45. Ensamblaje del soporte del codo



Fuente: Los autores.

9. Deslice el tornillo en el conjunto del codo a través de los discos de amortiguación como se muestra, y asegure con una tuerca de nylon (Ver figura 35).

**Precaución:** no apriete demasiado esto. Si el brazo se opera con los amortiguadores mecánicos demasiado apretado, el servomotor se calentará y puede ser dañado.

Figura 46. Ensamblaje del soporte del codo



Fuente: Los autores.

10. Se sustituye el servomotor de cuerno negro con la ronda nylon bocina. Quite el tornillo del servomotor, teniendo cuidado de no girar el el propio cuerno. Tire del servomotor, luego presione el nylon cuerno en su lugar, lo más cercano a la alineación que se muestra como sea posible. Vuelva a colocar el tornillo del servomotor.

Asegúrese de que su servomotor se parece a la imagen. Las flechas en el punto de la imagen de los agujeros de los tornillos que va a utilizar. Ver figura 26.

11. Coloque servomotor HS-755HB en el soporte del codo como se muestra utilizando el hardware de 3 mm; siga el diagrama siguiente. Utilice dos # 2 x 1/4" tornillos de rosca para fijar el soporte al servomotor. Pase los cables del hombro sobre el servomotor. Conecte el servomotor en el canal 2 en el SSC-32. Ver figura 37, figura 38, figura 39.

Figura 47. Ensamblaje del servomotor del codo



Fuente: Los autores.

12. Conecte el conector pequeño de pinzas para el corto abrazadera "C" utilizando dos 2-56 x 0.250" tornillos y tuercas de 2-56.

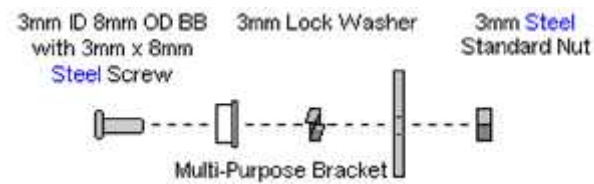
Figura 48. Conector de pinzas en C



Fuente: Los autores.

13. Fije el soporte de corto "C" para el otro soporte multiuso como se muestra.

Figura 49. Ensamblaje del soporte de pinza en C



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

Figura 50. Soporte en C



Fuente: Los autores.

14. La Figura 51 ilustra un servomotor típico de tamaño estándar con su cuerno de salida (la parte blanca y vuelta) en la posición central. Asegúrese de que su servomotor se parece a la imagen. Las flechas en el punto de la figura de los agujeros de los tornillos que va a utilizar.

Figura 51. Servomotor típico estándar



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

15. Conecte el servomotor de la muñeca HS-645MG en el soporte como se muestra utilizando el hardware de 3 mm; siga el diagrama siguiente. Utilice dos tornillos de rosca # 2 x 1/4" para fijar el soporte al servomotor. Pase los cables sobre el servomotor. Ver figura 37, figura 38, figura 39.

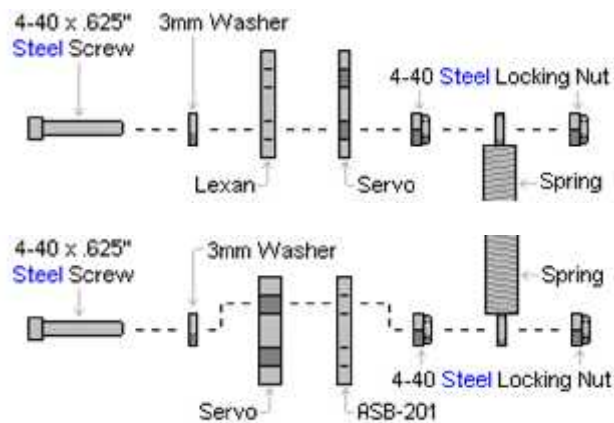
Figura 52. Ensamblaje del servomotor de la muñeca



Fuente: Los autores.

16. Añadir un cable extensor para los servomotores con mayor distancia a la placa SSC-32.

Figura 53. Instalación de los resortes de balanceo



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build143b.htm>

17. Para conectar los resortes para balanceo de carga, reemplazar el hardware servomotor adjunto en las ubicaciones que se muestran en la figura 53, a raíz de los diagramas a continuación. Enganche los resortes juntos después de que están asegurados.

### 3.4.3 *Guía de ensamblaje del la muñeca giratoria*

1. Ensamble el rodamiento de bolas Hub, coloque 9 rodamientos en los canales como se muestra en la figura 54 y añada grasa para su normal funcionamiento.

Figura 54. Instalación de rodamientos



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

2. Sujetando las dos mitades, inserte el tornillo en el conjunto como se ilustra en la figura 55.

Figura 55. Ensamblaje del cojinete



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

3. Conecte el tren de vuelta completa al soporte como se muestra. Se necesita un espaciador para proporcionar suficiente espacio libre, y utilizaremos los tornillos 0.375" 2-56 tornillos. Si no se necesita el separador puede utilizar las 0.25 "2-56 tornillos.

Figura 56. Instalación del cojinete



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

Figura 57. Instalación del tren sobre el cojinete



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

4. Inserte el tren de vuelta en el servomotor de tal manera que se acoplen como se muestra en la figura 58.

Figura 58. Acople de trenes con servomotor



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>



5. Ahora gire el servomotor para permitir la instalación del resto del hardware. Usted puede agregar un poco de presión a los dos engranajes para minimizar la decantación de engranajes.

6. Instale la pequeña placa de fijación de la empuñadura como se muestra, utilizando los tornillos 2-56 x 0.375".

Figura 59. Placa de fijación



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

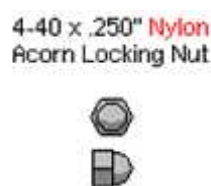
7. Conecte con poco apretón al lexan como se muestra, utilizando tres tornillos 4-40 x 0.375" tuercas de seguridad. Sólo se utilizan tres tornillos (que se muestra en la imagen).

Figura 60. Perno hexagonal 3/8"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

Figura 61. Tuerca nylon 3/8"



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

Figura 62. Acople del gripper



Fuente: <http://www.lynxmotion.com/images/html/build098.htm>

8. Inserte el servomotor en la pinza y ajuste con su respectivo tornillo para lograr un agarre optimo. (DYNAMO, 2014)

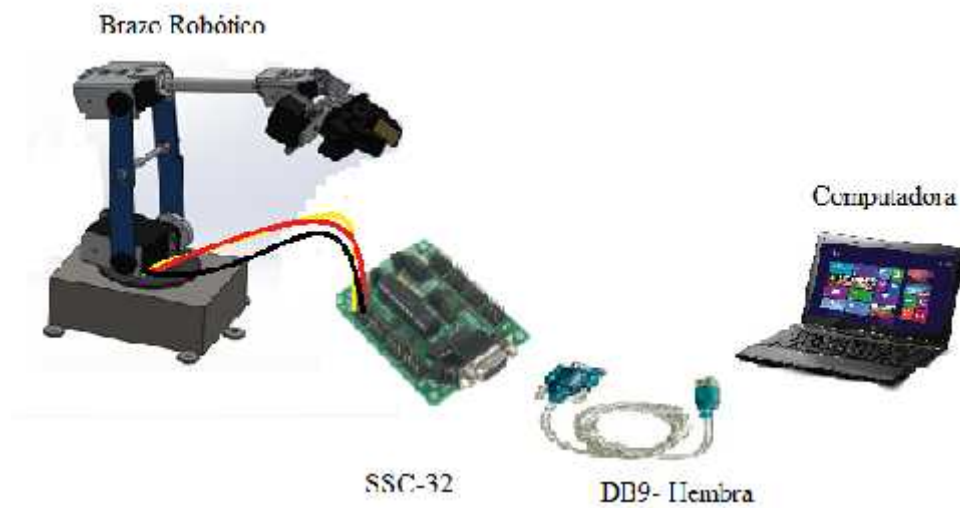
### **3.5 Comunicación entre el brazo robótico y el ordenador**

**3.5.1** *Comunicación del brazo robótico por computadora.* El controlador es un dispositivo que se encarga de traducir señales de entrada en otras que son aptas para que un actuador efectúe una acción específica. El controlador que se utiliza para el interfaz brazo robótico industrial y computador es una de servomotores, modelo SSC-32, que controlará cada uno de los servomotores que proporcionará movimiento a las partes del brazo robótico.

La misma utiliza una interfaz serial que recibe los comandos de control en forma de cadenas ASCII que terminan siempre en un entorno de carro (carácter ASCII 13), desde un dispositivo digital como un computador. El controlador incluye comandos para el movimiento independiente de cualquier servomotor colocado en cualquier de los 32 canales codificados del #0 al #31 a cualquier posición de ejecución posible, así como control de velocidad y de tiempo de ejecución de movimientos. Un único comando puede incluir el movimiento de varios servomotores.

Una vez admitido el comando, el controlador codifica de forma adecuada señales de ancho de pulso variable que hacen que el servomotor, alimentado a través del mismo controlador, realice la acción establecida. (FRYE, 2009)

Figura 63. Comunicación del brazo robótico por computadora.



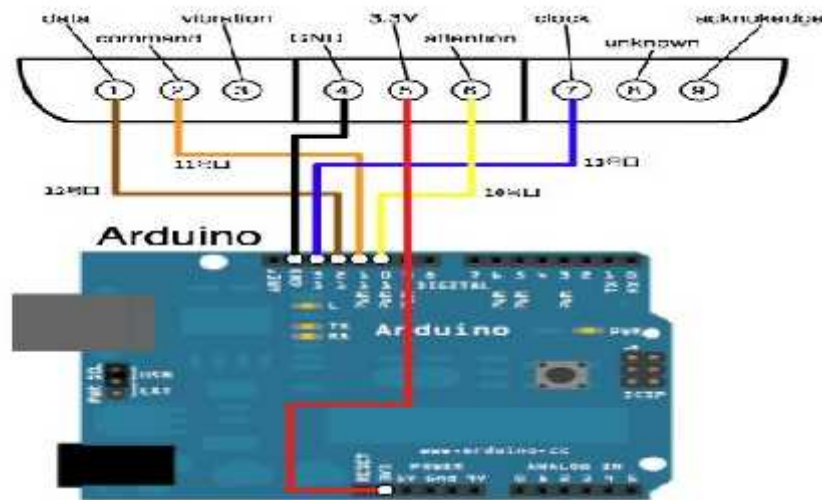
Fuente: Los autores

**3.5.2 Comunicación del brazo robótico por control inalámbrico.** Para la comunicación del brazo robótico por control inalámbrico se utilizara una interfaz por Wireless que es una tarjeta de red inalámbrica, para lo cual es necesario un transmisor que utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a una cierta frecuencia que en el caso del controlador inalámbrico nos proporciona de 2.4 GHz y un receptor que recibe la señal.

El control inalámbrico cuenta con botones digitales y los joystick que son analógicas, cuando se pulsa los botones envía la señal directa al receptor la misma que lee y transforma debido a que el receptor esta conectado directamente a la shield sensor V5.

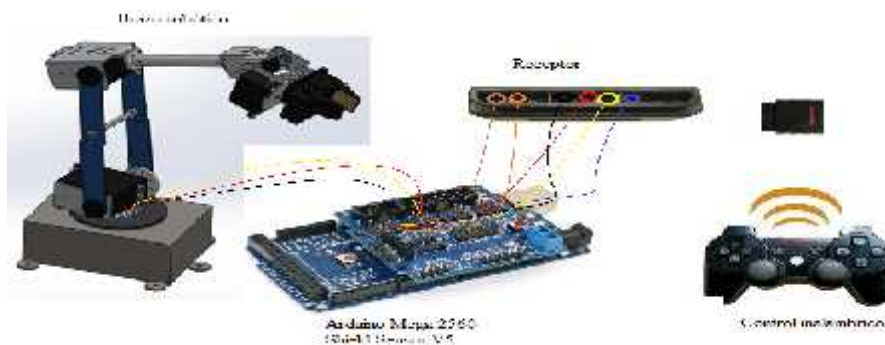
La shield sensor es una expansión de módulo de la Arduino que consta de sus pines digitales como analógicos, para lo cual cada botón tiene su respectiva programación para su movimiento.

Figura 64. Diagrama de conexión del control inalámbrico



Fuente: [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_ade37ae01011ybq.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_ade37ae01011ybq.html).

Figura 65. Comunicación del brazo robótico por control inalámbrico.

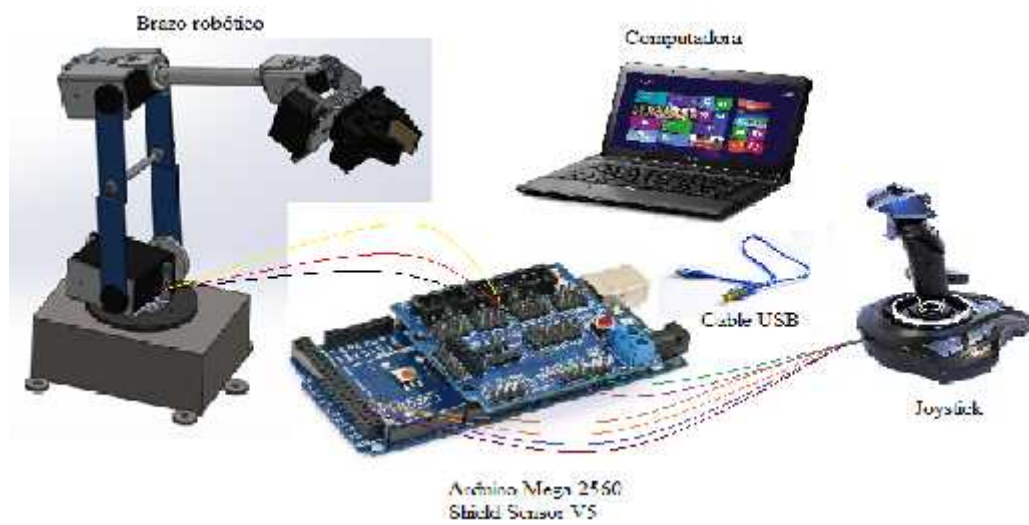


Fuente: Los autores.

**3.5.3 Comunicación del brazo robótico por joystick.** Para esta la interfaz se basa en enviar señales directas desde el controlador al microprocesador de la placa Arduino, las mismas que se conectarán en los correspondientes pines tanto digitales como analógicos. La señal analógica envía variaciones de voltaje con un rango bien amplio la misma que en nuestro joystick pertenecen a los potenciómetros e irán conectados en la parte de pines analógicos.

La señal digital realiza una conversión de voltaje la cual envía codificado bien sea el 1 ó 0, estos corresponde a los botones que irán conectados a la shield sensor V5 en la parte de pines digitales.

Figura 66. Comunicación del brazo robótico por joystick.



Fuente: Los autores.

### 3.6 Simulación de los grados de libertad.

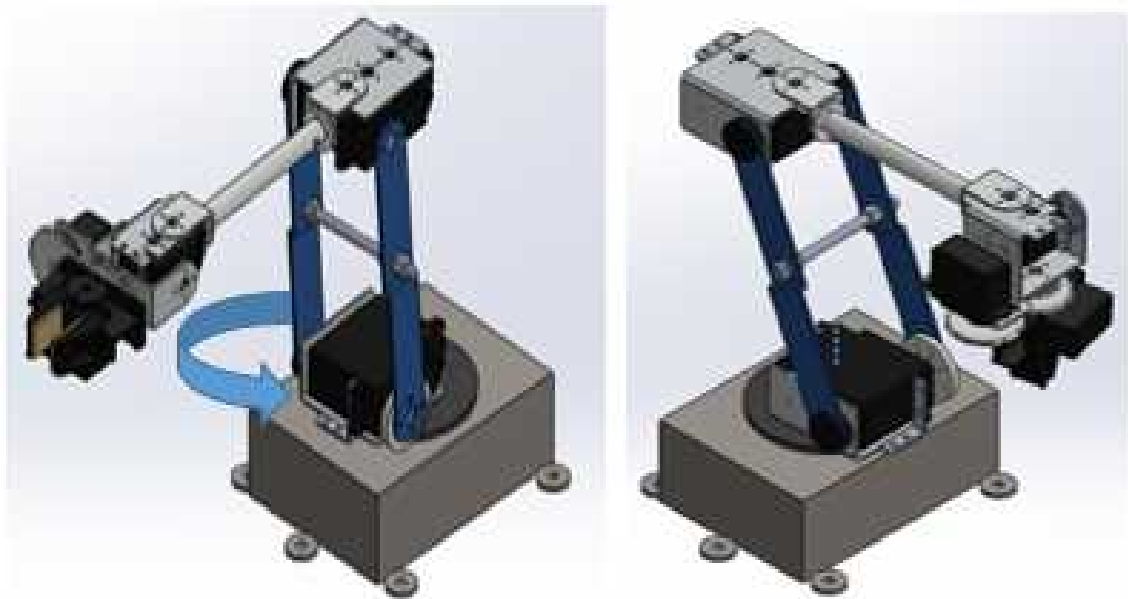
Para realizar la simulación de los grados de libertad del brazo robótico industrial se utilizó el software SolidWorks, el mismo que nos permite realizar el ensamblaje en su totalidad y efectuar la simulación de los distintos movimientos de cada articulación.

Figura 67. Simulación del movimiento de la base. (Giro a la derecha)



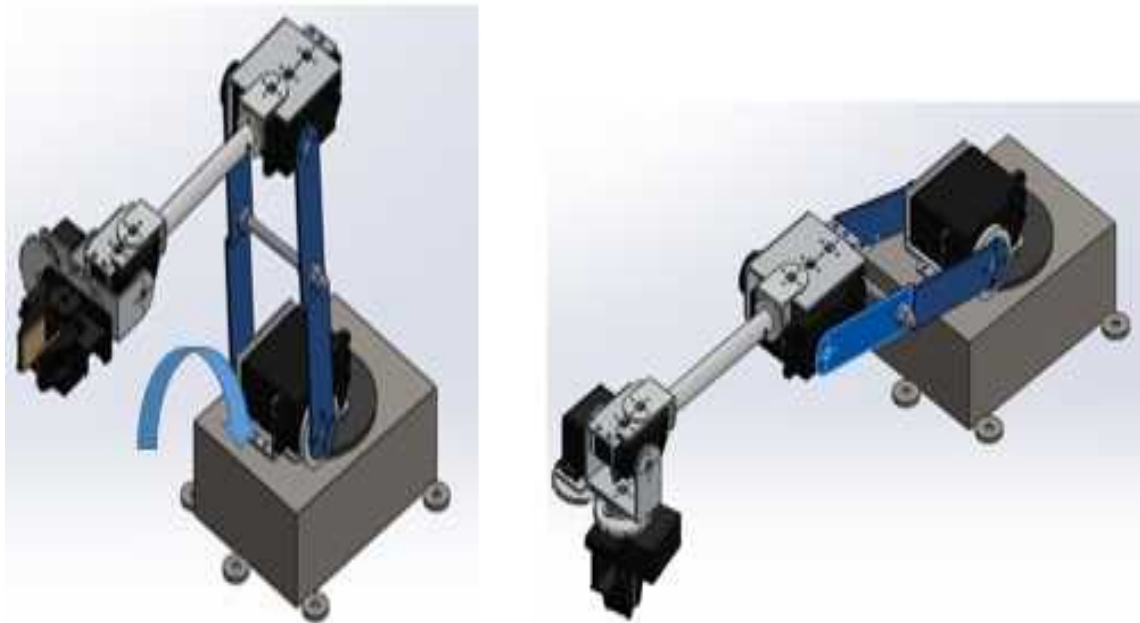
Fuente: Los autores

Figura 68. Simulación del movimiento de la base. (Giro a la izquierda)



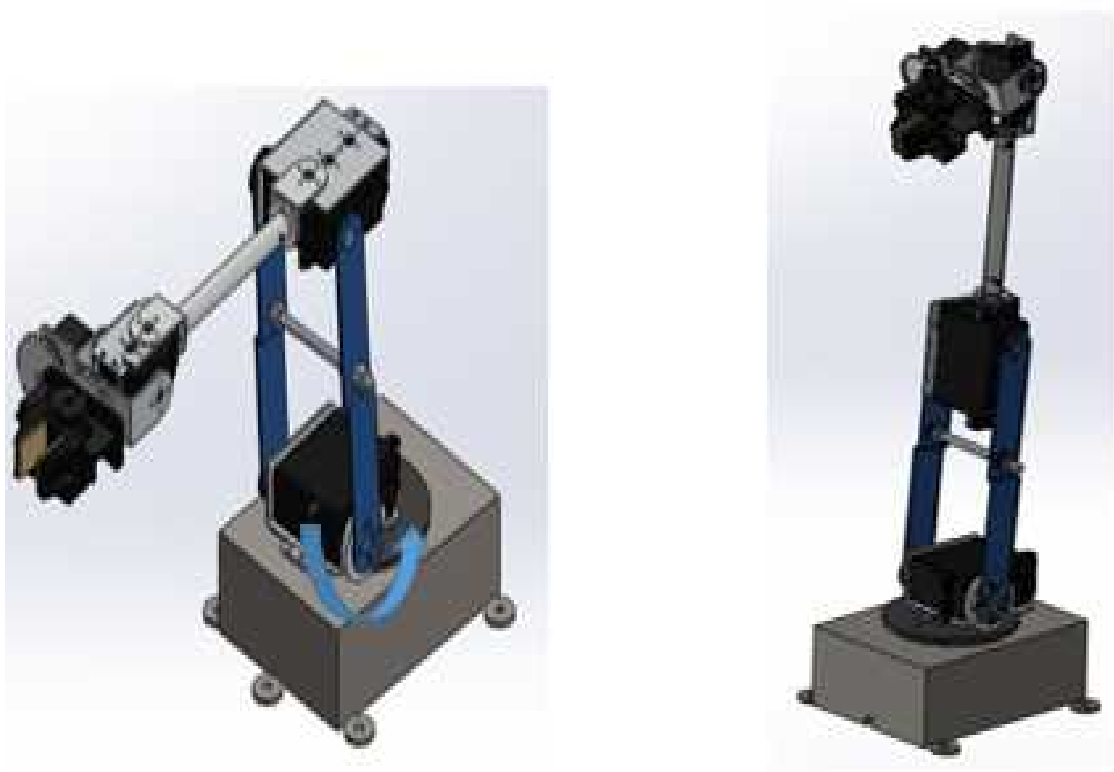
Fuente: Los aurores

Figura 69. Simulación del movimiento del hombro. (Hacia abajo)



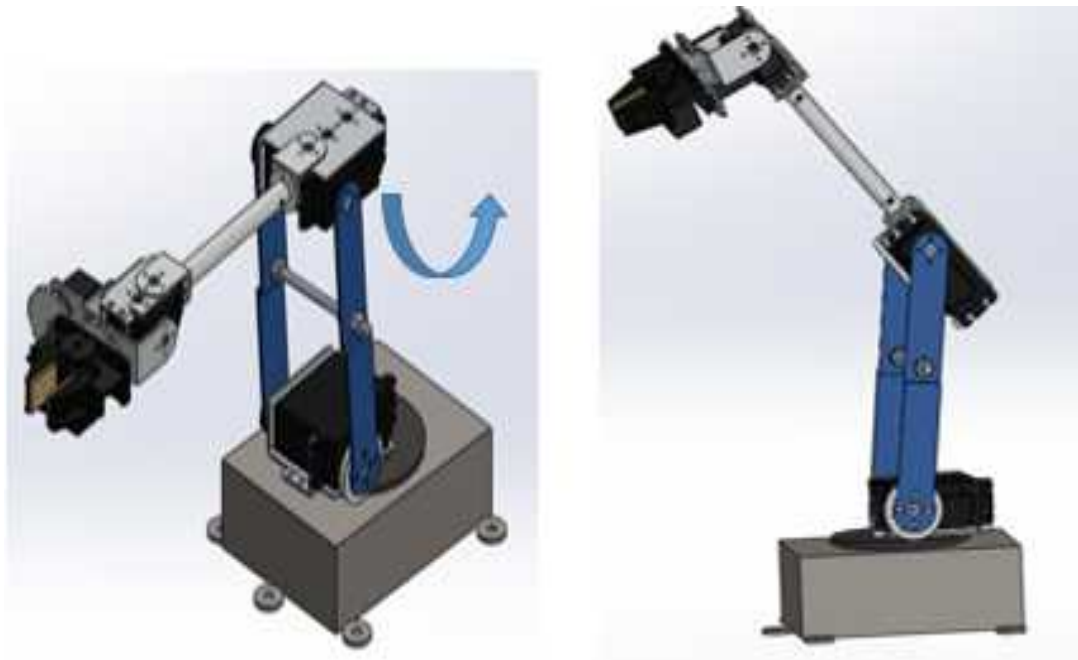
Fuente: Los autores.

Figura 70. Simulación del movimiento del hombro. (Hacia arriba)



Fuente: Los autores.

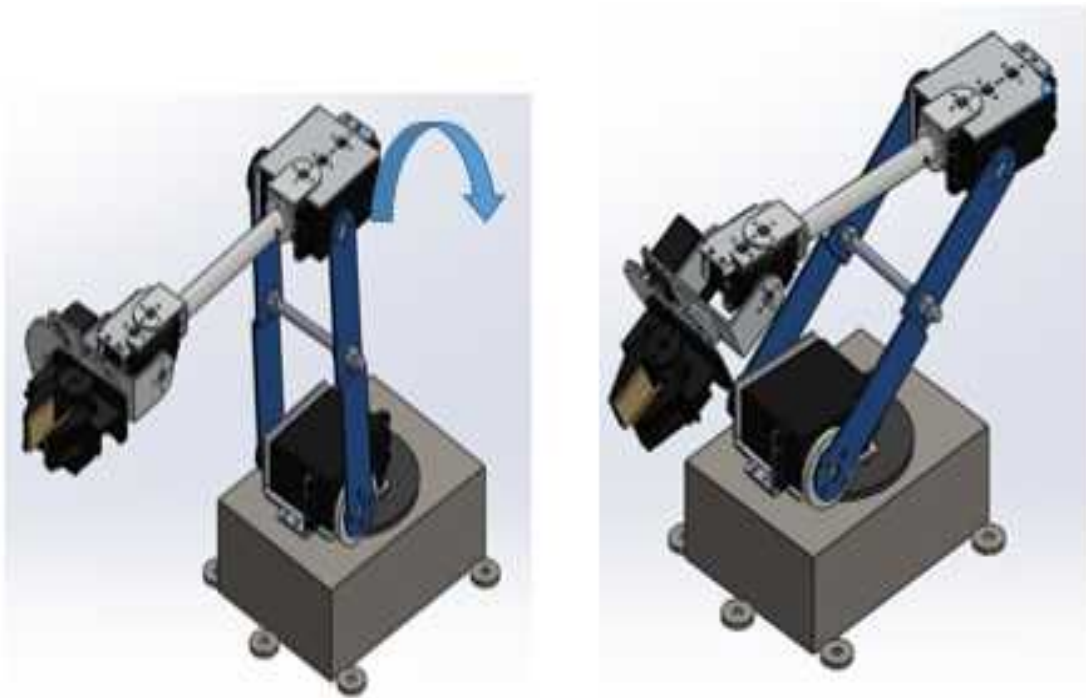
Figura 71. Simulación del movimiento del codo. (Hacia arriba)



Fuente: Los autores.



Figura 72. Simulación del movimiento del codo. (Hacia abajo)



Fuente: Los autores.

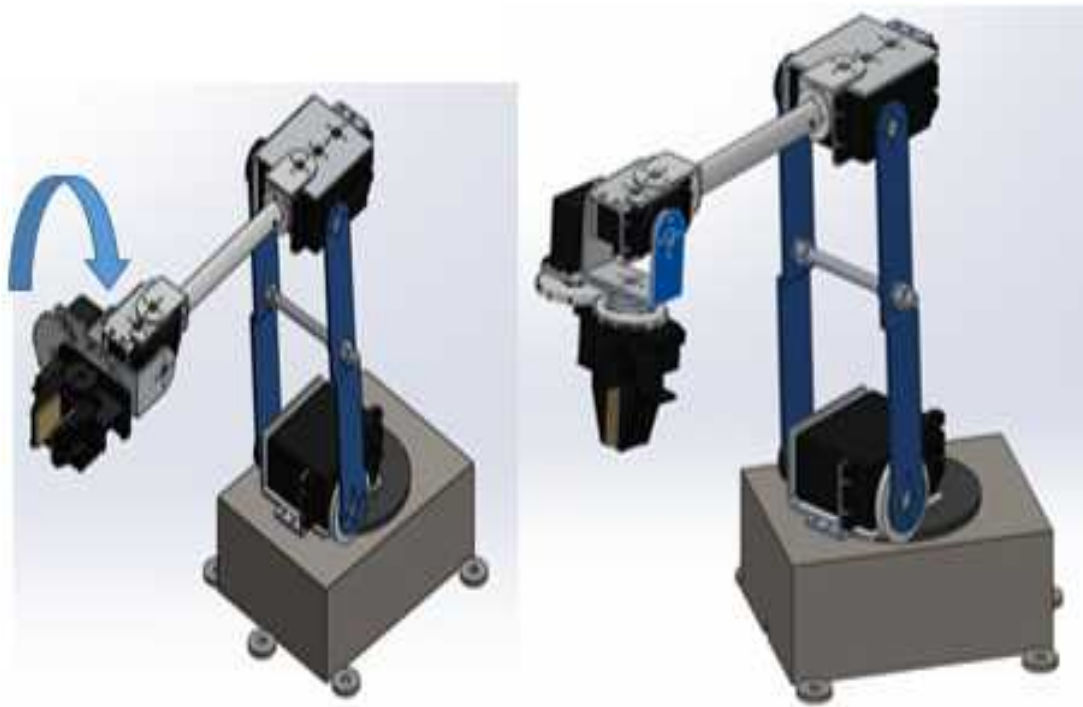
Figura 73. Simulación del movimiento de la muñeca. (Hacia arriba)



Fuente: Los autores.

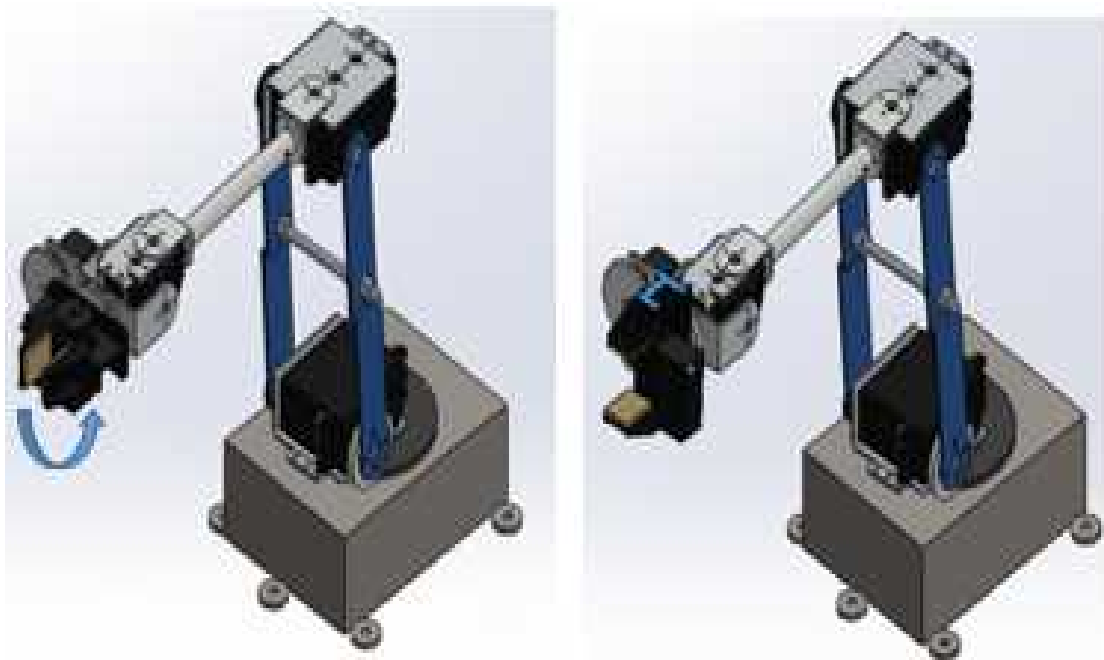


Figura 74. Simulación del movimiento de la muñeca. (Hacia abajo)



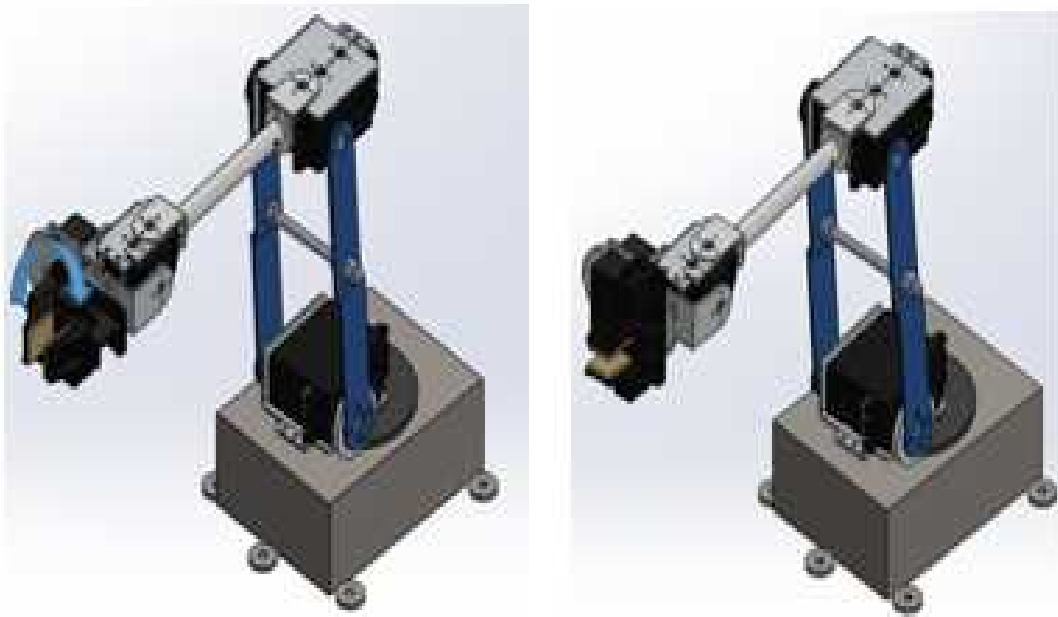
Fuente: Los autores.

Figura 75. Simulación del movimiento giro de la muñeca. (Hacia la derecha)



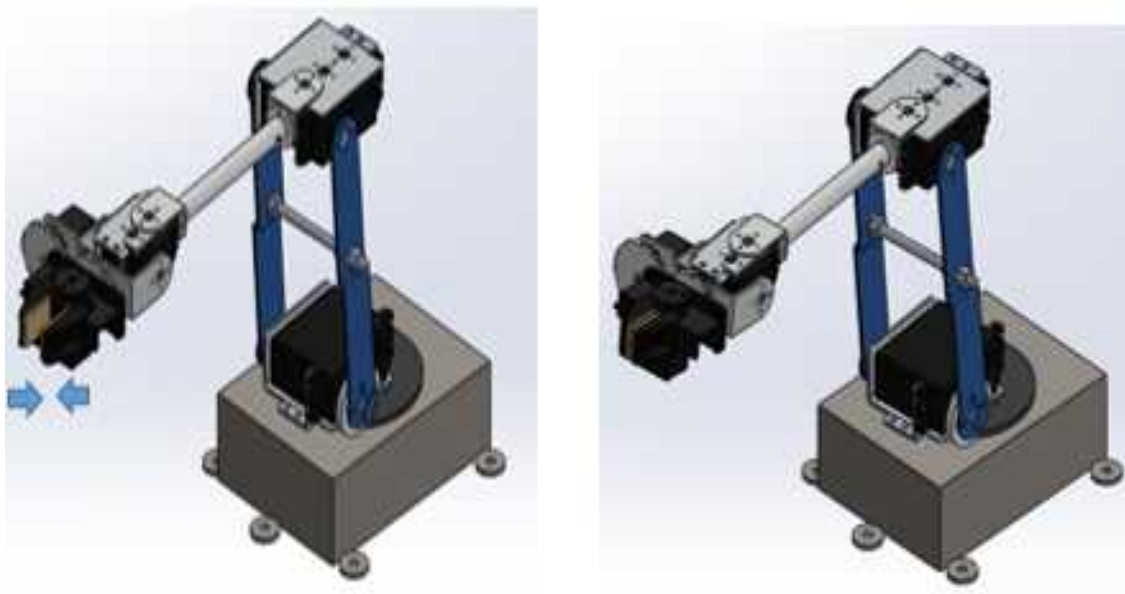
Fuente: Los autores.

Figura 76. Simulación del movimiento giro de la muñeca. (Hacia la izquierda)



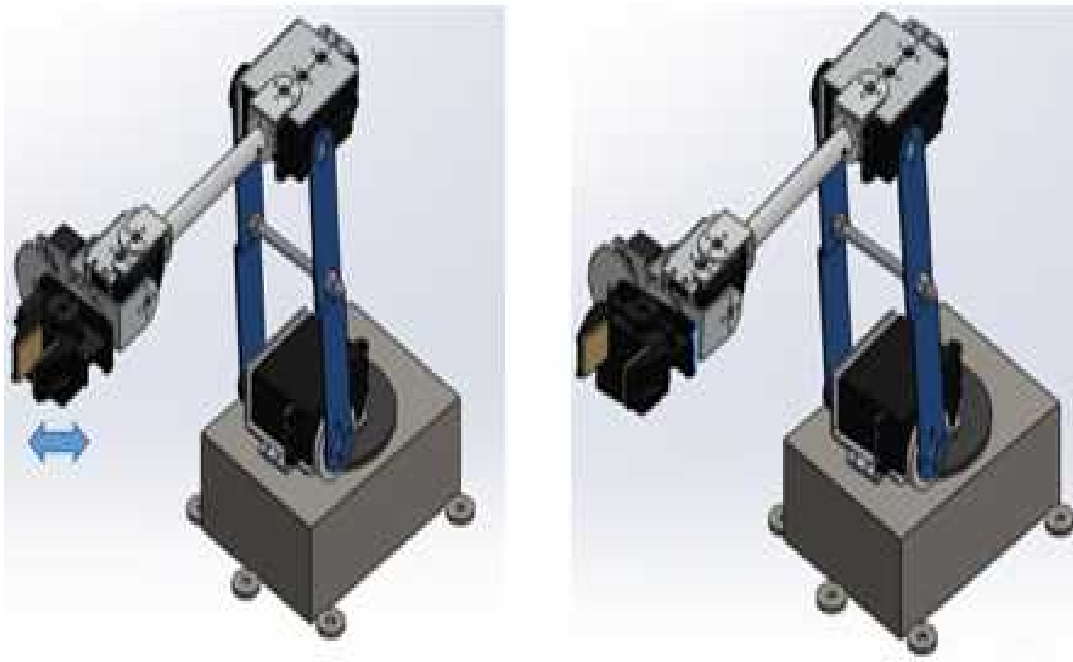
Fuente: Los autores.

Figura 77. Simulación del movimiento del gripper. (Cerrado)



Fuente: Los autores.

Figura 78. Simulación del movimiento del gripper. (Abierto)



Fuente: Los autores.

### 3.7 Pruebas de funcionamiento del brazo robótico

En este numeral se comenta las pruebas realizadas y los problemas que se presentaron en cada una de ellas, teniendo en cuenta que el brazo robótico es controlado por tres elementos: computadora, control inalámbrico y joystick; para lo cual se realizó pruebas para cada controlador.

**3.7.1 Evolución.** Inicialmente se planteó un diseño inicial como se muestra en la figura 79, el mismo que fue un diseño acertado debido a que el brazo robótico presentaba buena estabilidad y rigidez en su estructura.

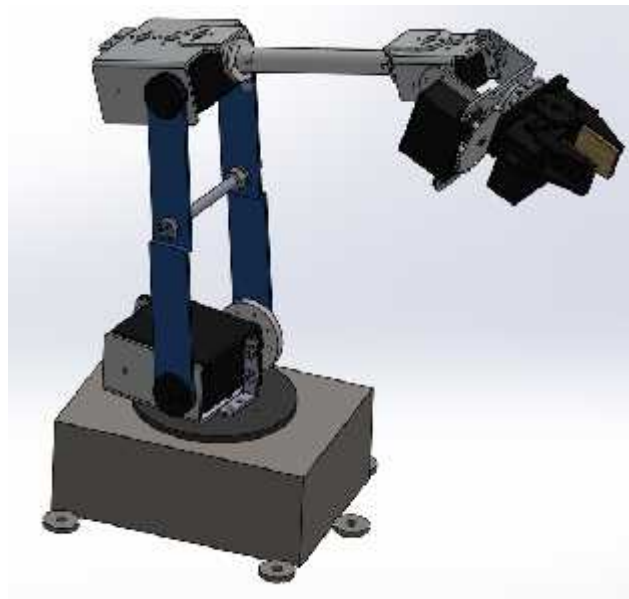
A partir de este diseño se realizaron las primeras pruebas del brazo robótico con sus tres controladores, por medio de las cuales los problemas empezaron a evidenciarse. El más importante de ellos era que se estaba trabajando con una fuente de alimentación de 1800mA, la cual no abastecía la corriente necesaria para los servomotores y al momento de poner en funcionamiento el brazo robótico se presentaba excesiva vibración en los

servomotores y retorno de energía hacia las tarjetas lo cual provocaba el reinicio repetitivo y en el caso extremo quemar las tarjetas y los servomotores.

Se procedió a cambiar la fuente de alimentación por una de 3000mA con la cual el problema se solucionó tanto en el retorno de energía como en las vibraciones.

Otro de los problemas que se presentó fue el calentamiento excesivo del servomotor HS-805BB que corresponde al hombro del brazo robótico debido a que realizaba un sobreesfuerzo para levantar las demás articulaciones, se procedió a instalar resortes que van desde el soporte del servomotor HS-805BB hasta el servomotor HS-755HB del codo, debido a que los resortes tienen la capacidad de estirarse y regresar a su propia posición lo que beneficia al servomotor HS-805BB para que pueda realizar su trabajo sin mayor esfuerzo y evitar el calentamiento excesivo del mismo.

Figura 79. Brazo robótico



Fuente: Los autores.

### **3.7.2 Pruebas realizadas.**

*Pruebas de ejes aislados.* Esta prueba comprende en constatar el normal funcionamiento de todos los servomotores que forman parte del brazo robótico por separado.

Para lo cual se realizó la prueba de los ángulos de giro de cada uno de los servomotores:

Tabla 15. Pruebas de ángulo de giro

Articulaciones	Servomotor	Ángulo de giro	Estado de giro
Base	HS-485HB	180°	Completo
Hombro	HS-805BB	180°	Completo
Codo	HS-755HB	180°	Completo
Muñeca	HS-485HB	180°	Completo
Rotación de la muñeca	HS-645MG	180°	Completo
Gripper	HS-422	180°	Completo

Fuente: Los autores.

*Pruebas articulaciones (hombro, codo, muñeca, muñeca giratoria y gripper).* Una vez realizada las pruebas de ejes aislados y verificado su correcto funcionamiento se procede a instalar los soportes que unen los servomotores del hombro y el codo.

Se verifica el correcto funcionamiento cuando esta realizando giros simultáneos, que los servomotores no presenten un calentamiento excesivo y que los desplazamientos no influyan en el otro debido a vibraciones u oscilaciones.

Se comprueba que la distancia de los cables entre servomotor y tarjeta sean lo suficientemente extensos para evitar que se desconecten de su respectiva placa o se estrangulen al realizar los diferentes giros. También se comprueba la estabilidad de los soportes de cada uno de los servomotores, los mismos no deben ser flexibles.

Finalmente se realiza las primeras pruebas con cargas y se verifica el comportamiento del brazo robótico.

*Pruebas del sistema completo.* En esta prueba se verifica la estabilidad general del brazo robótico realizando diferentes tipos de giros. Principalmente se debe tener cuidado al instante de frenar el movimiento de un servo debido a que son momentos críticos, debido a que pueden romperse los engranajes internos.

## CAPÍTULO IV

### 4. MANUAL DE OPERACIÓN Y GUÍA DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO

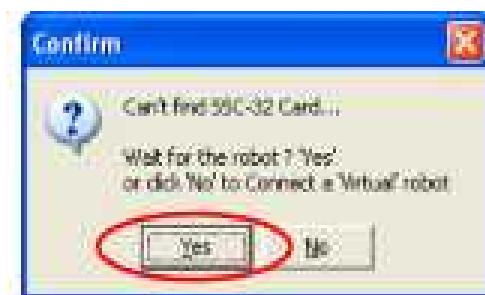
#### 4.1 Instalación de software y carga del programa

##### 4.1.1 Configuración de la tarjeta SSC-32

**Paso 1.** Instalar el programa RIOS. Inserte el CD en la unidad de CD y siga las instrucciones.

La tarjeta controladora no se alimenta de la serie o el Serial de cable USB. Será necesario aplicar potencia a los servomotores para completar la configuración . Conecte la serie o el Serial para cable USB, espere a que el sistema reconozca la tarjeta y ejecute RIOS . Si ejecuta RIOS antes de que el sistema reconozca la tarjeta, verá el cuadro de mensaje en la Figura 80. Haga clic en “Sí” , y el programa modificara a los botones en gris cuando la tarjeta está lista .

Figura 80. Ventana de confirmación



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Si no se detecta la tarjeta, seleccione el número de puerto COM correcto en el cuadro de lista.

Si usted no sabe el número de puerto COM que está utilizando:

- Sólo trate de COM1, COM2 , etc...
- Cuando usted encuentra el más adecuado, la tarjeta se auto-conectará.

Si el puerto COM que está utilizando no aparece.

- Asegúrese de que el cable USB a Serie esté conectado.
- Espere a que Windows lo reconozca.
- Haga clic en el botón “Configuración” y seleccione el puerto COM en la forma de instalación.

Figura 81. Ventana de selección del puerto COM



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

## **Paso 2.** Prueba de brazo robótico.

Compruebe las conexiones de los servomotores , consulte la tabla 16.

Tabla 16. Conexión de pins y servomotores

SSC-32 pins/servomotores	
Pin 0	Base
Pin 1	Hombro
Pin 2	Codo
Pin 3	Muñeca

Tabla 16 (Continuación)

Pin 4	Grip
Pin 5	Rotación de la muñeca
Pin 6	Servo extra 7
Pin 7	Servo extra 8
SSC-32 salidas	
Pin 8 a 15	Salida 1 a 8
SSC-32 entradas Numérico o analógico	
Pin A a D	Entrada 1 a 4

Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Genere un pulso de 1,5mS para todos los servomotores (neutral):

- Haga clic en el botón “Todos” = 1,5mS.

Figura 82. Ícono de selección de velocidad de los servomotores



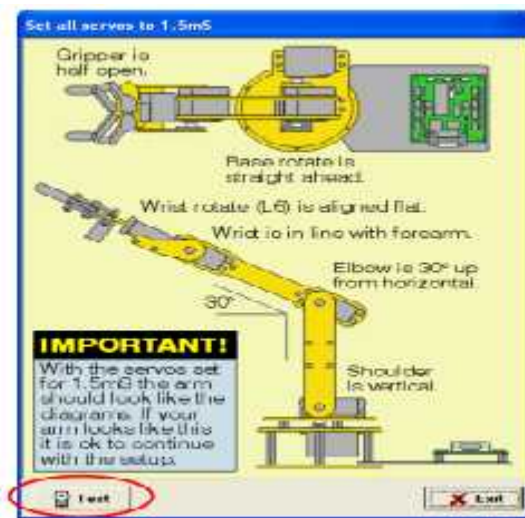
Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Haga clic en el botón “Test”, posteriormente “Sí” en el mensaje de advertencia

- Compruebe el aspecto brazo.
- Haga clic en el botón “Stop” para volver al estado anterior del brazo robótico.



Figura 83. Ventana de test del conjunto de servomotores



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**Paso 3.** Para acceder a la pantalla de configuración de SSC- 32, haga clic en el botón “SSC- 32” en la esquina superior izquierda.

Figura 84. Ícono del controlador de servomotores



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**Paso 4.** Haga clic en “Sí” en esta ventana.

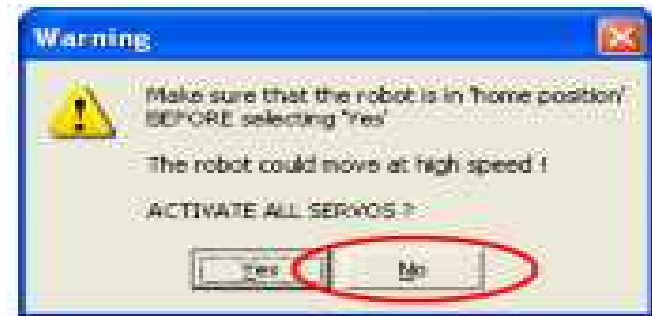
Figura 85. Ventana de confirmación del controlador



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**Paso 5.** Haga clic en “No” en esta ventana.

Figura 86. Ventana de precaución del controlador

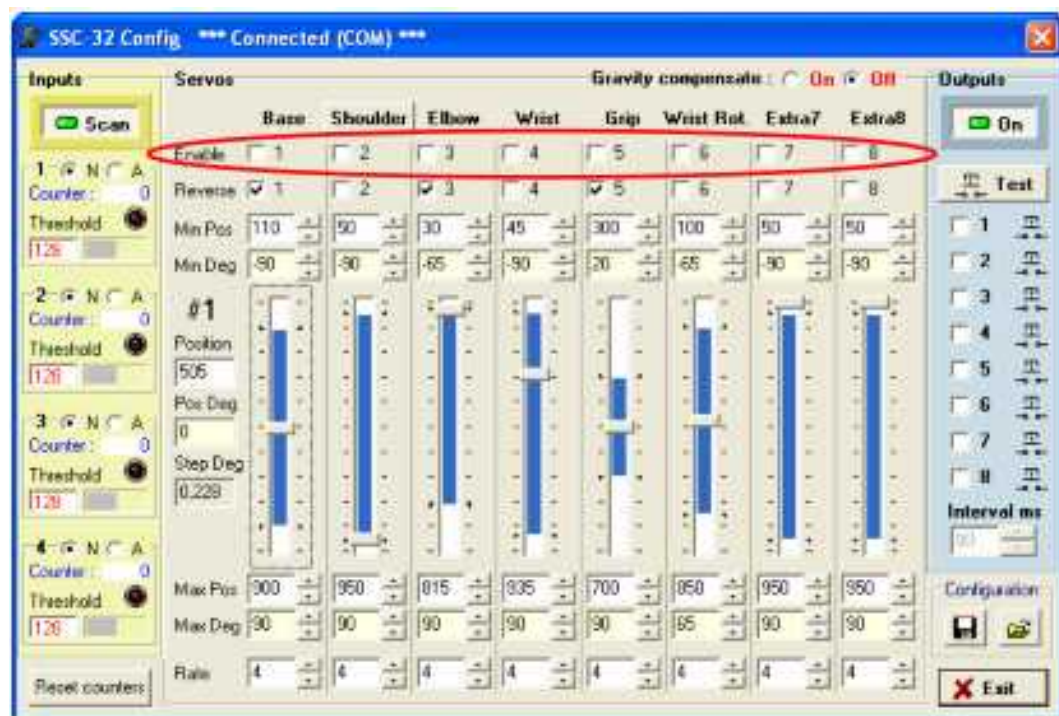


Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**Paso 6.** Asegúrese de que las casillas en la fila superior no se comprueban luego encender el brazo robótico.

Consulte la Tabla 17 para verificar el número de barras de seguimiento/controles deslizantes

Figura 87. Ventana de controles deslizantes de servomotores



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Tabla 17. Numeración de los controles deslizantes

Barra de seguimiento/deslizadores	
1	Base
2	Hombro
3	Codo
4	Muñeca (arriba/abajo)
5	Grip
6	Rotación de la muñeca

Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Por ahora , no cambie nada de los casilleros “Min Deg" y "Max Deg”.

#### **Paso 7.** Configurar la Base.

- Ajuste deslizante # 1 para el centro.
- Mueva la base del robot con cuidado para el medio.
- Compruebe que la casilla “habilitar” de la barra de desplazamiento # 1 se encuentre selecciona, y la base se moverá un poco.
- Mueva la barra deslizante # 1 lentamente hasta la cima. La base girará a la derecha.
- Cuando la barra deslizante haya llegado al final de la parte superior , la base debe estar a 90 ° a la derecha, entonces:  
Si es menor a 90°, disminuya el valor de la casilla “MJ Pos” de la barra de desplazamiento # 1. Esto permitirá que usted empuje el deslizador un poco más a la cima.  
Si es mayor a 90° , aumente el valor de la casilla “ MJ Pos”. Se impulsará el control deslizante hacia abajo.
- Cuando haya terminado, haga lo mismo con la izquierda. Debe estar completamente a la izquierda 90°.
- Ponga el control deslizante # 1 a 0°.

### **Paso 8.** Configurar el hombro.

- Ajuste la barra de desplazamiento # 2 a la mitad .
- Mueva el brazo robótico/hombro verticalmente y mantenga el antebrazo del robot en su mano.
- Compruebe que la casilla “habilitar” de la barra de desplazamiento # 2 se encuentre seleccionada, el hombro se moverá un poco.
- Empuje la barra de desplazamiento # 2 lentamente hasta la cima. El brazo debe estar en el frente del robot y horizontalmente.

Ajuste el valor de la casilla “MJ Pos” de la barra de desplazamiento # 2 si es necesario.

- Empuje la barra de desplazamiento # 2 lentamente a la parte inferior. El brazo debe estar en la parte trasera del robot y horizontalmente.

Ajuste el valor de la casilla “Max Pos” de la barra de desplazamiento # 2 si es necesario. Mantenga el brazo en esta posición (trasero completo) .

### **Paso 9.** Configurar el codo

- Ajuste la barra de desplazamiento # 3 para el medio.
- Mueva el antebrazo del brazo robótico/codo. Atentamente verticalmente.
- Compruebe que la casilla "habilitar" de la barra de desplazamiento # 3 se encuentre seleccionada, el codo se moverá un poco.
- Empuje la barra de desplazamiento # 3 lentamente hasta la cima. El antebrazo debe estar tocando ligeramente el brazo.

Ajuste el valor de la casilla “MJ Pos” de la barra de desplazamiento # 3 si es necesario.

- Empuje la barra de desplazamiento # 3 lentamente a la parte inferior. El antebrazo debe estar en la parte trasera del robot y horizontalmente.

Ajuste el valor de la casilla “Max Pos” de la barra de desplazamiento # 3 si es necesario.

- Ponga la barra de desplazamiento # 3 a 0 °.

### **Paso 10.** Configure la muñeca (arriba/abajo)

- Ajuste la barra de desplazamiento # 4 para el centro.

- Mueva la mano del brazo robótico verticalmente.
  - Compruebe que la casilla “habilitar” de la barra de desplazamiento # 4 se encuentre seleccionada, la muñeca se moverá un poco.
  - Empuje la barra de desplazamiento # 4 lentamente hasta la cima. La mano debe estar en el frente del robot y horizontalmente.
- Ajuste el valor de la casilla “MJ Pos” de la barra de desplazamiento # 4 si es necesario.
- Empuje la barra de desplazamiento # 4 lentamente a la parte inferior. La mano debe estar en la parte trasera del robot y horizontalmente.
- Ajuste el valor de la casilla “Max Pos” de la barra de desplazamiento # 4 si es necesario.
- Ponga la barra de desplazamiento # 4 a  $-40^{\circ}$ .
  - Ponga la barra de desplazamiento # 3 a  $-65^{\circ}$ .
  - El antebrazo debe estar tocando ligeramente el brazo.

**Paso 11.** Configure el Gripper.

- Ajuste la barra de desplazamiento # 5 para el medio.
  - No mueva la pinza manualmente.
  - Compruebe que la casilla “habilitar” de la barra de desplazamiento # 5 se encuentre seleccionada, la pinza se moverá un poco.
  - Empuje la barra de desplazamiento # 5 lentamente hasta la cima. La pinza se debe abrir completamente.
- Ajuste el valor de la casilla “MJ Pos” de la barra de desplazamiento # 5 si es necesario.
- Empuje la barra de desplazamiento # 5 lentamente a la parte inferior. La pinza debe estar completamente cerrada.
- Ajuste el valor de la casilla “Max Pos” de la barra de desplazamiento # 5.
- Ponga la barra de desplazamiento # 5 a  $57^{\circ}$ , la pinza debe estar media abierta.

**Paso 12.** Configure la muñeca (Rotación).

- Ajuste la barra de desplazamiento # 6 a la mitad .
- No mueva la rotación de la muñeca manualmente.

- Compruebe que la casilla “habilitar” de la barra de desplazamiento # 6, la pinza (Gripper) se moverá un poco.

- Empuje la barra de desplazamiento # 6, lentamente a la parte inferior. La pinza debe girar a la izquierda a 65°.

Ajuste el valor de la casilla “Max Pos” de la barra de desplazamiento # 6 si es necesario.

- Empuje la barra de desplazamiento # 6 lentamente hasta la cima. La pinza debe girar a la derecha a 65°.

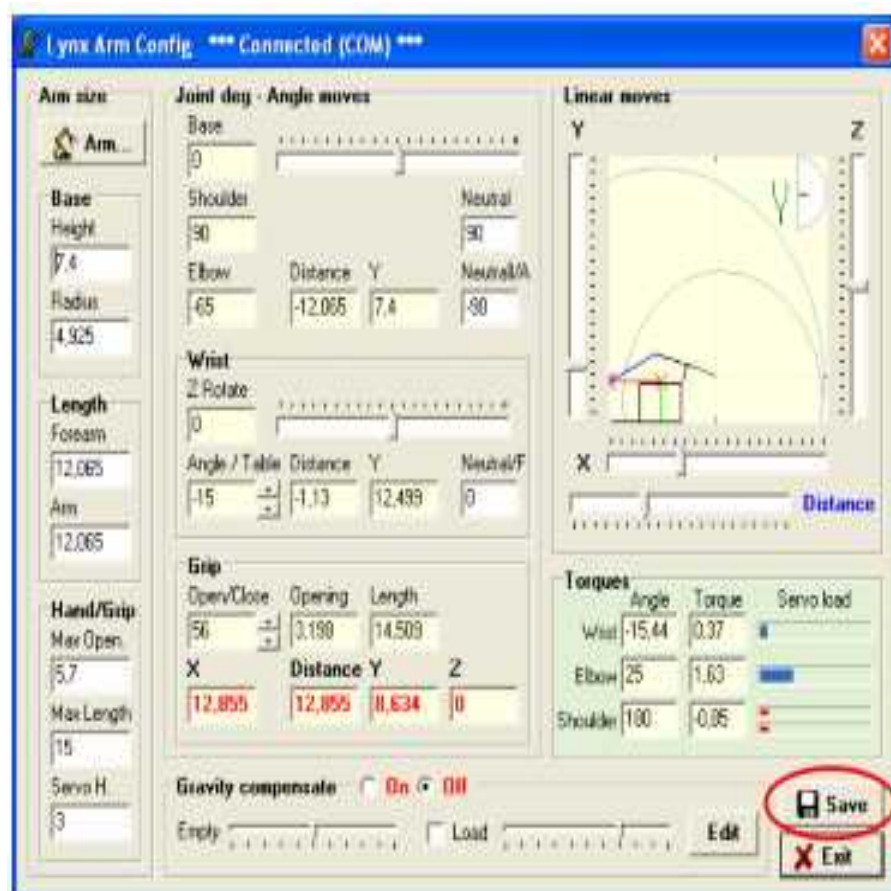
Ajuste el valor de la casilla “MJ Pos” para la barra de desplazamiento # 6 si es necesario.

- Si lo desea, escriba su propio “Deg Min” y “Max Deg” y cambie la “ MJ Pos” y “Max Pos” para permitir al robot alcanzar sus propios valores.

Sólo tenga cuidado de no mover el servomotor más allá de sus límites mecánicos.

- Ponga la barra de desplazamiento # 6 a 0 °. El eje de rotación de agarre debe ser plana (los dos dedos a la misma altura).

Figura 88. Ventana de configuración del brazo



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

**Paso 13.** Guarde su progreso.

El robot debe ser similar a la figura 69. Si es así , haga clic en el Botón “Guardar”. Esta será la posición por defecto del brazo robótico. Según la figura 74.

**4.1.1.1 Configuración de la geometría del brazo.** Todos los ángulos están en grados y todas las distancias son en centímetros (1 pulgada = 2,54 cm).

Encienda la fuente del brazo robótico antes de cambiar los valores de geometría o el robot se moverá sin previo aviso.

Tabla 18. Longitudes de la partes del brazo

	<b>L5</b>	<b>L6</b>
<b>Base</b>		
Altura	7.9	7.9
Radio	4.925	4.925
<b>Longitud</b>		
Antebrazo	9.525	12.065
Brazo	9.525	12.065
<b>Empuñadura</b>		
Max. Abierto	5.7	5.7
Max. Longitud	13.095	15
Altura servo	3	3

Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Los valores de "neutral" son en relación con la parte que lo sostiene:

1. Este no es el servomotor neutral, pero un cambio de la geometría cuando todas las juntas estén a 0 ° (debido a la SSC-32 tarjeta configuración).

- Hombro / Brazo neutral es respecto a la horizontal.
- Neutral codo / antebrazo es relativo al brazo.
- Neutral de la muñeca / mano está en relación con el antebrazo.

Puede que no tenga que cambiar estos valores.

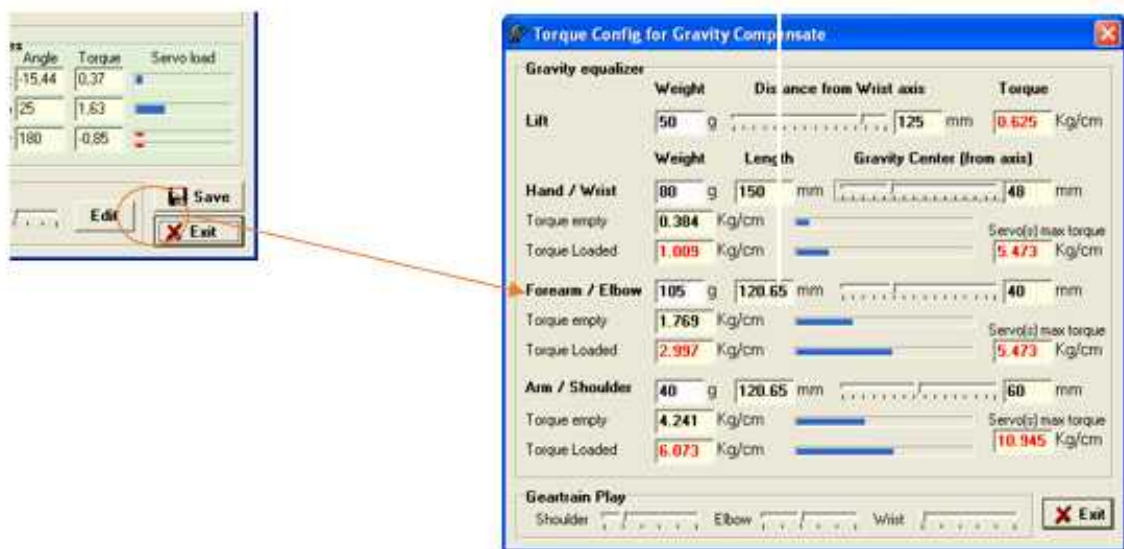
Haga clic en el botón "Guardar" si se han realizado cambios.

2. Puede utilizar las barras de desplazamiento para probar los movimientos.

- X, Y y Z realizarán movimientos en línea recta y paralelo con X, Y y el eje Z.
- La distancia se mide cuando se realiza un movimiento en línea recta en un radio desde el eje de la base a la geometría del brazo.

**4.1.1.2 Configuración de la compensación de la gravedad.** Aquí, es posible que solo tenga que cambiar el peso de un objeto que el brazo va a levantar.

Figura 89. Ventana de configuración de la compensación de la gravedad



Fuente: Manual Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05

Ajuste la compensación de la gravedad en “vacío” y con “carga” los deslizadores serán suficientes en todos los casos.

Haga clic en el botón "Guardar" en el formulario anterior si ha realizado cambios. (GAY, 2008)



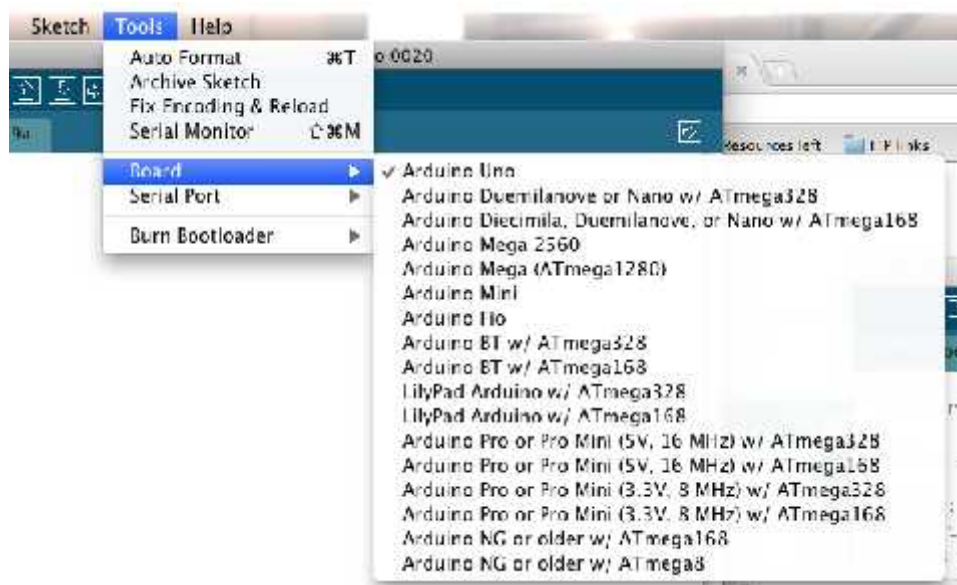
#### 4.1.2 *Instalación de la placa ARDUINO MEGA 2560.* Instalación de los controladores para el Arduino Mega 2560 con Windows 7, Vista o XP.

- Conecte su tarjeta y espere que Windows comience su proceso de instalación del controlador. Después de un momento, el proceso va a fracasar, a pesar de sus mejores esfuerzos.
- Haga clic en el menú Inicio y abra el Panel de Control.
- Mientras que en el Panel de control, vaya a Sistema y seguridad. A continuación haga clic en Sistema. Una vez que la ventana del sistema esta desplegada, abra el Administrador de dispositivos.
- Busque en Puertos (COM & LPT). Usted debe ver a un puerto abierto llamado “Arduino Mega 2560 (COMxx)”. Si no hay una sección LPT COM, mire en “Otros dispositivos” para “Dispositivos desconocidos”.
- Haga clic derecho sobre el “MEGA Arduino ( COMxx )” puerto y elija la opción “Actualizar software de controlador”.
- A continuación, seleccione la opción “Buscar software de controlador”.
- Por último, busque y seleccione el archivo controlador llamado “arduino.inf”, ubicado en la carpeta “Drivers” de la descarga del software de Arduino (no el “Controladores USB” sub-directorio). Si está utilizando una versión antigua del IDE (1.0.3 o anterior), seleccione el archivo del controlador Uno llamado “Arduino UNO.inf”
- Windows terminar la instalación del controlador de allí.
- Cuando se conecta la tarjeta, Windows debería iniciar el proceso de instalación del controlador (si no ha utilizado el ordenador con una tarjeta Arduino antes).
- En Windows Vista, el conductor debe ser descargado e instalado automáticamente.
- En Windows XP, el nuevo Asistente para agregar hardware se abrirá.
- Cuando le pregunte que Windows se conecte a Windows Update para buscar software seleccione “No”, no esta vez . Haga clic en siguiente.
- Seleccione Instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado) y haga clic en “Siguiente”.
- Asegúrese de buscar el mejor controlador en estas ubicaciones se comprueba; desmarque “Buscar medios extraíbles”; comprobar “Incluir esta ubicación”

en la búsqueda y busque el FTDI drivers/controladores USB directorio de la distribución de Arduino. Haga clic en siguiente.

- El asistente buscará para el conductor y luego decir que se encontró un “USB Serial Converter”. Haga clic en Finalizar.
- El nuevo asistente de hardware aparecerá nuevamente. Ir a través de los mismos pasos y seleccione las mismas opciones y ubicación de búsqueda. Esta vez, un “USB Serial Port” será encontrado.
- Usted puede comprobar que los controladores se han instalado abriendo el Manager de dispositivos de Windows (en la pestaña Hardware del panel de control del sistema). Busque un “USB Serial Port” en la sección de Puertos; esa es la tarjeta Arduino.
- Usted tendrá que seleccionar la entrada en la pestaña “Herramientas” menú que corresponde a su Arduino.

Figura 90. Ventana de selección de la tarjeta Arduino



Fuente: <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Guide/Windows>

- Seleccione el dispositivo de serie de la placa Arduino desde el menú Tools/Serial Port. Esto es probable que sea COM3 o superior (COM1 y COM2 son generalmente reservados para puertos serie de hardware). Para averiguarlo, puede desconectar la tarjeta Arduino y vuelva a abrir el menú; la entrada que desaparece debe ser la tarjeta Arduino. Vuelva a conectar la tarjeta y seleccione ese puerto serie. (ARDUINO, 2014)

## **4.2 Puesta en marcha.**

En esta parte se describe en su totalidad la puesta en marcha del brazo robótico, se conectará la fuente de alimentación al regulador de voltaje, las dos tarjetas se energizarán debido a que están conectadas las dos en paralelo.

Se procederá a verificar las conexiones de los servomotores con cada una de las tarjetas controladoras y el interfaz correspondiente para la computadora, control inalámbrico y joystick, lo cual nos permitirá el movimiento de cada una de las partes que conforman el brazo robótico.

El módulo contiene un regulador de voltaje que permite el ingreso de la cantidad suficiente de corriente para el normal funcionamiento de las tarjetas, se utiliza una sola fuente de alimentación. El regulador tiene un interruptor que debe estar en la posición ON para alimentar.

Para utilizar el brazo robótico por medio de la computadora se debe conectar el cable DB9 hembra a la placa y abrir el software Lynxmotion RIOS SSC-32 y realizar las configuraciones correspondientes que se mencionaron en el Capítulo IV, realice movimientos utilizando las barras de desplazamiento para cada articulación.

Para utilizar el control inalámbrico y el joystick se procederá a alimentar la tarjeta Arduino Mega 2560 y el módulo de expansión Shield sensor V5 se conecta el cable USB, se carga la programación para cada uno de los controladores de la tarjeta Arduino Mega 2560.

Tanto para el control inalámbrico y el joystick son programaciones independientes.

## **4.3 Apagado del sistema.**

Para el apagado del sistema solo es necesario colocar el interruptor del regulador de voltaje en posición OFF y se desenergizarán las dos placas, para posterior retirar tanto el cable DB-9 o el cable USB y la fuente de alimentación.

Posteriormente se procede a cerrar cada una de las programaciones y el sistema estara totalmente apagado.

#### **4.4 Prácticas de aplicación.**

Para realizar el informe de las prácticas de aplicación del brazo robótico controlado por computadora, control inalámbrico y joystick, se recomienda utilizar el siguiente esquema:

### **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**



### **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **GUÍA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS**

### **PRÁCTICA No 1 "....."**

#### **1. DATOS GENERALES:**

NOMBRE:

GRUPO No.:.....

CÓDIGO(S):

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

#### **Contenido:**

1. Tema
2. Objetivos
3. Metodología
4. Materiales y equipos
5. Marco Teórico
6. Procedimiento
7. Conclusiones y recomendaciones
8. Bibliografía
9. Anexos

## **a) Práctica N°1**

### **Tema**

Funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por computadora.

### **Objetivos**

*Objetivo general:* Observar el funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por computadora.

*Objetivos específicos:*

- a) Realizar la conexión de los servomotores a la tarjeta SSC-32.
- b) Comparar el movimiento de cada una de las articulaciones con las barras de desplazamiento.

### **Metodología**

Para realizar esta práctica nos basaremos en la investigación aplicada que tiene como objetivo crear una nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos en los manuales y determinar si pueden ser o no aplicados para los propósitos definidos.

### **Equipos y materiales**

- 1 Brazo robótico industrial
- 1 software Lynxmotion instalado.
- 1 tarjeta SSC-32
- 1 cable convertidor USB a serial (DB-9 hembra)
- 1 fuente de alimentación 3 A.

### **Marco teórico**

Para realizar la siguiente práctica se conoce que el brazo robótico será controlado por medio de la computadora mediante un software que nos permite realizar movimientos en tiempo real, para lo cual se utilizará una tarjeta SSC-32 que trabaja con una corriente

nominal de 500mA, sin embargo es recomendable no exceder los 250mA., para evitar el calentamiento del regulador.

La interfaz se lo realiza por medio de la tarjeta SSC-32 conecta con un cable USB a serial (DB-9 hembra) a la computadora.

Para la conexión de los servomotores en la tarjeta se tiene tres cables de diferente color: Negro: Tierra; Rojo: VCC; Amarillo: Señal, que deben ser colocados en el conector de salida.

### **Procedimiento**

Paso No. 1.- Conectar la fuente de alimentación a la tarjeta SSC-32, y comprobar con un multímetro la cantidad de corriente que está ingresando en el terminal VS1.(4,8V a 6V)

Paso No. 2.- Conectar el cable convertidor USB a serial DB-9.

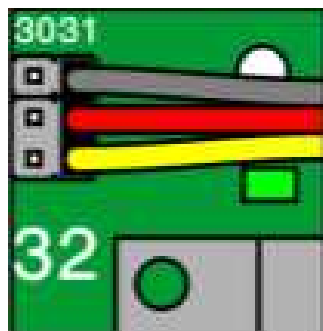
Paso No. 3.- Abrir el software Lynxmotion RIOS SSC-32.

Paso No. 4.-Haga clic en el botón "Configuración" y seleccione el puerto COM en la forma de instalación.

Paso No. 5.- Prueba de brazo robótico.

Compruebe las conexiones de los servomotores.

Figura 91. Esquema de conexión del servomotor



Fuente: Manual de la tarjeta SSC-32

Haga clic en el botón “Todos” = 1,5mS.

Haga clic en el botón “Test” entonces “Sí” en el mensaje de advertencia.

Haga clic en el botón “Stop” para volver al estado anterior del brazo.

Para acceder a la pantalla de configuración de SSC- 32, haga clic en el botón “SSC- 32” en la esquina superior izquierda.

Asegúrese de que las casillas en la fila superior no se encuentren seleccionadas luego encender el brazo robótico.

Mueva las barras de desplazamiento de los respectivos de los servomotores.

Paso No. 6.- El brazo se moverá de acuerdo como el practicante mueva las barras de desplazamiento, se puede realizar cualquier tipo de movimientos.

### **Conclusiones y recomendaciones:**

#### *Conclusiones.*

Se realizó la conexión de los servomotores en sus respectivos pins.

Se procedió a la configuración básica para que pueda funcionar el brazo robótico industrial.

Se verificó el funcionamiento de cada una de las articulaciones del brazo robótico.

#### *Recomendaciones.*

No conectar los cables DB-9 hembra de la tarjeta SSC-32 y el cable USB de la tarjeta Arduino Mega 2560 al mismo tiempo.

Utilizar una fuente de alimentación de 3 A.

Comprobar que las conexiones de los cables de los servomotores en la tarjeta SSC-32.

### **b) Práctica N°2**

#### **Tema**

Funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por control inalámbrico.

#### **Objetivos**

*Objetivo general:* Observar el funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por control inalámbrico.

### *Objetivos específicos:*

- a) Realizar la conexión de los servomotores a la tarjeta Shield sensor V5.
- b) Comprobar el movimiento de cada una de las articulaciones con los botones analógicos y digitales del control inalámbrico.

### **Metodología**

Para realizar esta práctica nos basaremos en la investigación aplicada que tiene como objetivo crear una nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos en los manuales y determinar si pueden ser o no aplicados para los propósitos definidos.

### **Equipos y materiales.**

1 Brazo robótico industrial  
1 software Arduino Mega 2560  
1 tarjeta Arduino Mega 2560  
1 cable USB  
1 control inalámbrico  
1 fuente de alimentación de 3 A.

### **Marco teórico**

El Mega Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La tarjeta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si se suministra con menos de 5V la junta puede ser inestable. Si se utiliza más de 12V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la tarjeta. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son como sigue: G: tierra; V: corriente; S: es la señal. Cada cable de ir correctamente conectado en los pines caso contrario no funcionarán.

Para cargar la programación a la tarjeta Arduino Mega 2560 el cable USB debe estar conectado a la computadora y la tarjeta SSC-32 sin conexión.



## **Procedimiento**

Paso No. 1.- Conectar la fuente de alimentación a la placa Arduino Mega 2560.

Paso No. 2.- Conectar el cable USB.

Paso No. 3.- Abrir el software Arduino Mega 2560.

Paso No. 4.- Seleccionar la entrada en la opción “Herramientas” y luego haga clic en la pestaña que corresponde a Arduino Mega 2560.

Paso No. 5.- Seleccione el dispositivo de serie de la tarjeta Arduino desde el menú Tools/Serial Port.

Compruebe las conexiones de los servomotores.

Clic en “Archivo” en la ventana de Arduino, seleccione “Abrir”

Abra la programación correspondiente al control inalámbrico

Posteriormente cargue la programación y espere unos segundos.

Paso No. 6.- Encienda el control inalámbrico, y oprima cada uno de los botones que pertenecen al control para poder mover el brazo robótico.

## **Conclusiones y recomendaciones:**

### *Conclusiones.*

Se realizó la conexión de los servomotores en sus respectivos pins.

Se procedió a cargar la programación en la tarjeta Arduino Mega 2560.

Se verificó el funcionamiento de cada una de las articulaciones del brazo robótico.

### *Recomendaciones.*

No conectar los cables DB-9 hembra de la tarjeta SSC-32 y el cable USB de la tarjeta Arduino Mega 2560 al mismo tiempo.

Utilizar una fuente de alimentación de 3 A.

Comprobar que las conexiones de los cables de los servomotores en la tarjeta Arduino Mega 2560.

c) *Práctica N°3*

**Tema**

Funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por joystick.

**Objetivos**

*Objetivo general:* Observar el funcionamiento del brazo robótico industrial controlado por joystick.

*Objetivos específicos:*

- a) Realizar la conexión de los servomotores a la tarjeta Shield sensor V5.
- b) Comprobar el movimiento de cada una de las articulaciones con los botones analógicos y digitales del control inalámbrico.

**Metodología**

Para realizar esta práctica nos basaremos en la investigación aplicada que tiene como objetivo crear una nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos en los manuales y determinar si pueden ser o no aplicados para los propósitos definidos.

**Equipos y materiales.**

- 1 Brazo robótico industrial
- 1 software Arduino Mega 2560
- 1 tarjeta Arduino Mega 2560
- 1 shield sensor V5
- 1 cable USB
- 1 control inalámbrico
- 1 fuente de alimentación de 3 A.

## **Marco teórico**

El Mega Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La tarjeta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si se suministra con menos de 5V la junta puede ser inestable. Si se utiliza más de 12V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la tarjeta. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son como sigue: G: tierra; V: corriente; S: es la señal. Cada cable de ir correctamente conectado en los pines caso contrario no funcionarán.

Para cargar la programación a la tarjeta Arduino Mega 2560 el cable USB debe estar conectado a la computadora y la tarjeta SSC-32 sin conexión.

## **Procedimiento**

Paso No. 1.- Conectar la fuente de alimentación a la placa Arduino Mega 2560.

Paso No. 2.- Conectar el cable USB.

Paso No. 3.- Abrir el software Arduino Mega 2560.

Paso No. 4.- Seleccionar la entrada en la opción “Herramientas” y luego haga clic en la pestaña que corresponde a Arduino Mega 2560.

Paso No. 5.- Seleccione el dispositivo de serie de la tarjeta Arduino desde el menú Tools/Serial Port.

Compruebe las conexiones de los servomotores.

Clic en “Archivo” en la ventana de Arduino, seleccione “Abrir”

Abra la programación correspondiente al joystick.

Posteriormente cargue la programación y espere unos segundos.

Paso No. 6.- Mueva la parte analógica del joystick para verificar los movimientos izquierda/derecha del brazo robótico, oprima cada uno de los botones para verificar los movimientos respectivos.

### **Conclusiones y recomendaciones:**

#### *Conclusiones.*

Se realizó la conexión de los servomotores en sus respectivos pins.

Se procedió a cargar la programación en la tarjeta Arduino Mega 2560.

Se verificó el funcionamiento de cada una de las articulaciones del brazo robótico.

#### *Recomendaciones.*

No conectar los cables DB-9 hembra de la tarjeta SSC-32 y el cable USB de la tarjeta Arduino Mega 2560 al mismo tiempo.

Utilizar una fuente de alimentación de 3 A.

Comprobar que las conexiones de los cables de los servomotores en la tarjeta Arduino Mega 2560.

## CAPÍTULO V

### 5. COSTOS

#### 5.1 Costos directos.

Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, como por ejemplo, los materiales directos y la mano de obra directa destinados a la fabricación de un producto, o los gastos de publicidad efectuados directamente para promocionar los productos en un territorio particular de ventas. (CONTABILIDAD, 2006)

Tabla 19. Costos directos.

<b>Costo de materiales para la construcción del brazo robótico</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Detalle de equipo y accesorios</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>V. Total (USD)</b>
1	4m <sup>2</sup>	Plancha de aluminio anodizado	45	180
2	1	Eje de aluminio	9	9
3	1	Angulo de aluminio	8	8
4	1m <sup>2</sup>	Plancha de acrílico	45	45
5	1,6m <sup>2</sup>	Plancha de mármol	96	96
6	1	Mesa	40	40
7	1	Gripper	35	35
8	2	Silicona Abro	4	8
9	1 lt	Pintura plateada	2,5	2,5
10	1 lt	Pintura negra	2,5	2,5
11	40	Rodamientos	0,15	6
12	1	Lubricante SRT 5000	5	5
13	4	Broca ¼	0,35	1,4
14	4	Broca 1/8	0,45	1,8
15	2	Broca 5/16	0,6	1,2
16	8	Arandela 5/16	10	80
17	30	Arandela de 1/4	0,1	3
18	30	Tornillos de 1/4	0,1	3
19	1	Pernos de 5/16	0,45	0,45

Tabla 20. (Continuación)

20	12	Tornillos 3/32	0,1	1,2
21	4	Tuercas 5/16	0,1	0,4
22	30	Pernos ¼	0,15	4,5
23	30	Tuercas de ¼	0,1	3
24	1 lb	Electrodo 6011	2,5	2,5
25	1	Plancha de acero	35	35
26	1	Pletina	8	8
27	1	Servomotor HS-805BB	100	100
28	1	Servomotor HS-755HB	70	70
29	1	Servomotor HS-645MG	50	50
30	2	Servomotor HS-485HB	30	60
31	1	Servomotor HS-422	25	25
32	60	Cable de extensión para servomotores	0,7	42
33	1	Cable Dv9	35	35
34	1	Cable USB	10	10
35	1	Fuente de alimentación	38	38
36	1	Placa SSC-32	100	100
37	1	Placa Arduino Mega 2560	75	75
38	1	Placa Shield sensor v5	35	35
39	1	Mando ps2 inalámbrico	95	95
40	1	Joystick	75	75
41	1	Software Lynxmotion RIOS SSC-32	250	250
42	1	Regulador de voltaje	20	20
43	1	Grasa térmica FH-KY360	3	3
			<b>Total</b>	<b>1665,45</b>

Fuente: Los autores.

## 5.2 Costos Indirectos.

Son aquellos costos cuya identificación con un objeto de costos específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla. Para imputar los costos indirectos a los distintos departamentos, productos o actividades, es necesario, normalmente, recurrir a algún tipo de mecanismo de asignación, distribución o reparto. Los costos comunes a varios productos, o costos conjuntos, reciben también el tratamiento de costos indirectos. (CONTABILIDAD, 2006)

Tabla 20. Costos indirectos

<b>Costo de la implementación del brazo robótico</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Detalle de equipo y accesorios</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>V. Total (USD)</b>
1	1	Mano de obra electrónico	200	200
2	1	Mano de obra mesa	30	30
3	1	Mano de obra mármol	40	40
4		Internet	100	100
5		Asesoramiento técnico	300	300
		Otros	250	250
			<b>Total</b>	<b>920</b>

Fuente: Los autores.

Tabla 21. Costo total

<b>Costo total del brazo robótico</b>	
Costos directos (USD)	1665,45
Costos indirectos (USD)	920,00
<b>Total (USD)</b>	<b>2585,45</b>

Fuente: Los autores.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones.**

Se diseñó y elaboró un brazo robótico, para la implementación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, controlado por: computadora, control inalámbrico y joystick.

Se elaboró un sistema automatizado para el movimiento de objetos por medio un brazo robótico, mediante las tarjeta Arduino Mega 2560 y SSC-32 V1.05 con sus respectivos software, las mismas que cuentan con herramientas necesarias para el control del brazo robótico.

Se realizó el diseño del brazo robótico por medio del software solidworks, se utilizó servomotores HITEC que tienen un giro de 180° para el movimiento de cada uno de las articulaciones.

Se analizó la funcionalidad del brazo robótico por medio de la computadora, control inalámbrico y joystick, permitiéndonos tener como resultados los siguientes:

- Por medio de la computadora tenemos mayor estabilidad y precisión al momento de realizar los movimientos, debido a que se puede controlar la velocidad y el tiempo de ejecución de movimientos de los servomotores en la ventana de control.
- El control inalámbrico es uno de los controladores con mayor dificultad para el funcionamiento del brazo robótico, debido a que las señales analógicas que presenta el control son muy sensibles y se tiene movimientos bruscos e inestables.



- El joystick tiene mayor comodidad y mejor desenvolvimiento del brazo robótico, debido a que para generar las señales analógicas se utiliza los potenciómetros y los botones son digitales.

## **6.2 Recomendaciones.**

Aplicar el nivel de voltaje adecuado 12v -3A para el correcto funcionamiento, con la finalidad de evitar una sobrecarga, averías o daños en los elementos electrónicos.

Las tarjetas Arduino Mega 2560 y SSC-32 jamás deben ser conectadas al mismo tiempo, ya que se encuentran conectadas en paralelo y esto puede ocasionar un corto circuito la cual producirá daños a las tarjetas.

No trabajar con el brazo robótico al límite de la capacidad de carga.

Al final de la utilización verificar que el brazo robótico no quede energizado.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALMAZÁN, Blanca. 2008.** Automatización. [En línea] 09 de 04 de 2008. [Citado el: 18 de 08 de 2014.] <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/automatizacion-en-procesos-como-mejores-practicas.htm>.

**ARDUINO. 2014.** Introducción a Arduino en Windows. [En línea] 2014. [Citado el: 20 de 11 de 2014.] <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Guide/Windows>.

**BATZ, Cesar. 2005.** Diseño y construcción de un brazo robótico. [En línea] 07 de 2005. [Citado el: 10 de 10 de 2014.] [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0286\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0286_CS.pdf).

**CONTABILIDAD, com.py. 2006.** Costos directos e indirectos. [En línea] 08 de 06 de 2006. [Citado el: 05 de 12 de 2014.] [http://www.contabilidad.com.py/articulos\\_73\\_costos-directos-e-indirectos.html#](http://www.contabilidad.com.py/articulos_73_costos-directos-e-indirectos.html#).

**DFRobot.com. 2009.** Arduino Shields Manual. *www.DFRobot.com*. [En línea] 28 de 12 de 2009. [Citado el: 10 de 10 de 2014.] <http://www.robotshop.us/media/files/PDF/dfrobot-arduino-shields-manual.pdf>.

**DYNAMO, Electronics. 2014.** Guía de ensamblaje de la base. [En línea] 2014. [Citado el: 22 de 11 de 2014.] <http://www.lynxmotion.com/images/html/build40d.htm>.

—. **2014.** Guía de montaje de muñeca. [En línea] 2014. [Citado el: 22 de 11 de 2014.] <http://www.lynxmotion.com/images/html/build145.htm>.

**ENRÍQUEZ, Rafael. 2009.** Creative Commons. [En línea] 13 de 11 de 2009. [Citado el: 02 de 11 de 2014.] [http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino\\_user\\_manual\\_es.pdf](http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf)

**FRYE, Jim. 2009.** Manual de SSC-32. [En línea] 18 de 02 de 2009. [Citado el: 18 de 10 de 2014.] [http://www.superrobotica.com/download/S310185/S310185\\_Esp.pdf](http://www.superrobotica.com/download/S310185/S310185_Esp.pdf).

—. **2009.** Manual de SSC-32. *www.Superrobotica.com*. [En línea] 18 de 02 de 2009. [Citado el: 05 de 11 de 2014.] [http://www.superrobotica.com/download/S310185/S310185\\_Esp.pdf](http://www.superrobotica.com/download/S310185/S310185_Esp.pdf).

**GAY, Laurent. 2008.** Lynxmotion RIOS SSC-32 V1.05 Manual. [En línea] 13 de 01 de 2008. [Citado el: 15 de 11 de 2014.] <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/rblyn60-rios02h-software-manual.pdf>.

**GONZÁLES, Victor. 2014.** Control y robótica. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de 09 de 2014.] [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.4.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm).

**GONZÁLEZ, Victor. 2002.** Aplicaciones de la robótica. *Control automatizado y robótica 2002*. [En línea] 03 de 2002. [Citado el: 12 de 11 de 2014.] [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.htm).

**GROOVER, Mikell. 1989.** *Robótica industrial tecnología, programación y aplicaciones*. Mexico : McGRAW-HILL, 1989.

**LYNXMOTION. 2014.** *Lynxmotion, Inc.* [En línea] 2014. [Citado el: 27 de 10 de 2014.] <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/users-guide-ssc-32.pdf>.

**MORALES, Yuri. 2014.** Robótica. [En línea] 2014. [Citado el: 18 de 08 de 2014.] <http://robotica.wordpress.com/about/>.

**OPORTO, Samuel. 2010.** Inteligencia artificial y robótica. [En línea] 08 de 01 de 2010. [Citado el: 15 de 10 de 2014.] <http://slideplayer.es/slide/92342/>.

**REYES, Fernando. 2011.** *Robótica. Control de robots manipuladores.* . México : Alfaomega Grupo Editor, 2011.

**SAHA, Kamir. 2014.** Estructura mecánica de un robot. [En línea] 2014. [Citado el: 16 de 10 de 2014.] <http://creandoelfuturo.net/es/morfologia-del-robot/estructura-mecanica-robot>.

**VIRTUAL, itspa.edu.mx/Robotica. 2012.** Características morfológicas. *Principales características de los robots.* [En línea] 04 de 05 de 2012. [Citado el: 05 de 10 de 2014.] <http://virtual.itspa.edu.mx/Robotica/archivos/Principales-caracteristicas-de-los-robots.pdf>.

**WIKIPEDIA. 2014.** [En línea] 20 de 09 de 2014. [Citado el: 12 de 10 de 2014.] [http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca\\_de\\_mando](http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca_de_mando).

—. **2014.** [En línea] 19 de 10 de 2014. [Citado el: 24 de 10 de 2014.] [http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_2\\_accessories](http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_2_accessories).

# **ANEXOS**

## **ANEXO A**

## **ANEXO B**

## **ANEXO C**